



DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

Métodos e Técnicas do Trabalho de Campo no Ensino da Geologia



Dissertação apresentada à Universidade de Évora, para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço, Especialização em Processos Geológicos.

Orientador: Prof. Doutor António Alexandre Araújo

Ana Maria Fialho
Évora 2011



DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

Métodos e Técnicas do Trabalho de Campo no Ensino da Geologia

Ana Maria Trouxa Carraça Fialho

Dissertação apresentada à Universidade de Évora, para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço, Especialização em Processos Geológicos.

Orientador: Prof. Doutor António Alexandre Ventura Araújo

Évora 2011



Agradecimentos

Em primeiro lugar o meu reconhecido agradecimento a todos os que comigo se empenharam para que este trabalho fosse realizado.

Ao meu orientador, Professor Doutor Alexandre Araújo, a quem agradeço toda a disponibilidade, profissionalismo, ajuda, sugestões e críticas que contribuíram positivamente para melhorar este trabalho. Agradeço, ainda, todo o apoio no trabalho de campo desenvolvido, tarefa difícil mas fundamental para este trabalho.

Abstendo-me de citar outros nomes para não correr o risco de me esquecer de alguém, não posso deixar de salientar a colaboração e o apoio que recebi de todos os que comigo trabalharam no âmbito deste mestrado, professores e colegas.

Também aos colegas que comigo partilham a profissão e o local de trabalho aqui fica o meu reconhecimento pela palavra amiga, pelo incentivo e pela compreensão que sempre me manifestaram.

À minha família, filhos e marido, a minha gratidão pela forma como se empenharam, pelo apoio, pela motivação e incentivo, determinantes para a realização deste mestrado.

Évora, Abril de 2011.

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
1.2. OBJECTIVOS	3
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	4
2. FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS DO TRABALHO DE CAMPO EM GEOLOGIA	5
2.1. A IMPORTÂNCIA DAS ACTIVIDADES PRÁTICAS DE CAMPO NO ENSINO DA GEOLOGIA	6
2.2. OBJECTIVOS DAS ACTIVIDADES PRÁTICAS DE CAMPO	8
2.3. UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE ACTIVIDADES PRÁTICAS DE CAMPO	9
2.4. ORGANIZAÇÃO DAS ACTIVIDADES PRÁTICAS DE CAMPO	12
2.5. INTEGRAÇÃO DOS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DA DISCIPLINA NAS ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS	13
3. ENQUADRAMENTO DAS ACTIVIDADES DE CAMPO NA GEOLOGIA DE PORTUGAL	14
3.1. ENQUADRAMENTO NA GEOLOGIA DE PORTUGAL	15
3.2. ZONA DE OSSA MORENA (ZOM)	18
3.2.1. Caracterização	18
3.2.2. Evolução tectónica da ZOM	19
3.3. ZONA SUL PORTUGUESA (ZSP)	20
3.3.1. Caracterização	20
3.3.2. Evolução Geodinâmica da ZSP	22
3.4. ORLA OCIDENTAL	23
3.4.1. Caracterização	23
3.4.2. Evolução Geológica da Bacia Lusitaniana	24
4. LOCAIS COM INTERESSE CIENTÍFICO E DIDÁCTICO PARA ACTIVIDADES PRÁTICAS DE CAMPO	26
4.1. BREVE ROTEIRO COM INTERESSE CIENTÍFICO E DIDÁCTICO	27
4.2. COSTA VICENTINA: ALMOGRAVE, TELHEIRO E PONTA RUIVA	29
4.2.1. Praia de Almogrove	30
4.2.2. Praia do Telheiro	31
4.2.3. Praia da Ponta Ruiva	32
4.3. COMPLEXO VULCÂNICO DE LISBOA E OS MACIÇOS ÍGNEOS DE SINTRA E DE SINES	33
4.3.1. Complexo Vulcânico de Lisboa	33
4.3.2. O Maciço Eruptivo de Sintra	37
4.3.3. O Maciço Eruptivo de Sines	40

4.4. PRAIAS DA BAFUREIRA, CRESMINA, GUINCHO, ADRAGA E GRANDE DO RODÍZIO, EM SINTRA, E PRAIA DO NORTE, EM SINES	42
4.4.1. Praia da Bafureira	42
4.4.2. Praia da Cresmina/Guincho	44
4.4.3. Praia da Adraga	47
4.4.4. Praia Grande do Rodízio	49
4.4.5. Praia do Norte	50
4.5. PENÍNSULA DE SETÚBAL: CRISTO-REI, SESIMBRA E ARRÁBIDA	52
4.5.1. Cristo-Rei	54
4.5.2. Pedreira da Brecha, Cadeia da Arrábida	55
4.5.3. Sesimbra	56
4.6. ZONA OSSA MORENA: BARRANCOS E MACIÇO DE ÉVORA	57
4.6.1. Sector Estremoz- Barrancos	57
4.6.2. Sector Montemor-Ficalho	60
4.6.2.1. Montemor-o-Novo	61
4.6.2.2. Alto de São Bento, Évora	62
4.7. ZONA SUL PORTUGUESA: MINA DE SÃO DOMINGOS	67
5. ACTIVIDADES PRÁTICAS DE CAMPO NO ENSINO DA GEOLOGIA	72
5.1. LOCAIS SELECIONADOS E ESTRUTURA ORGANIZATIVA	73
5.2. ACTIVIDADES DE CAMPO NO ENSINO DA GEOLOGIA: ALTO DE S. BENTO, ÉVORA	75
I. Introdução	77
II. Guião da Actividade de Campo	79
II.1. Objectivos da actividade	79
II.2. Preparação da actividade na sala de aula	79
II.3. Actividade de campo	80
II.3.1. Caracterização do local	80
II.3.2. Material necessário para a actividade de campo	82
II.3.3. Actividades de campo: moinhos do ASB	82
II.3.4. Actividades de campo complementares: Pedreira do ASB	86
II.4. Pós actividade de campo	88
II.5. Avaliação da actividade	88
III. Sugestões de Resolução do Guião	90
III.1. Actividade de campo	90
III.2. Pós actividade de campo	93
Bibliografia	96
Anexos	98
5.3. ACTIVIDADES DE CAMPO NO ENSINO DA GEOLOGIA: MINA DE S. DOMINGOS, MÉRTOLA	104
I. Introdução	106
II. Guião da Actividade de Campo	108
II.1. Objectivos da actividade	108
II.2. Preparação da actividade na sala de aula	108
II.3. Actividade de campo	109
II.3.1. Caracterização do local	109
II.3.2. Material necessário para a actividade de campo	110
II.3.3. Actividades de campo	112
II.3.3.1. Actividade 1: Anticlinal do Pomarão	112
II.3.3.2. Actividade 2: Mina de S. Domingos	117
II.4. Pós actividade de campo	121
II.5. Avaliação da actividade	121
III. Sugestões de Resolução do Guião	123
III.1. Actividade de campo	123
III.2. Pós actividade de campo	126
Bibliografia	129

Anexos	132
5.4. ACTIVIDADES DE CAMPO NO ENSINO DA GEOLOGIA: ROCHAS ÍGNEAS, METAMÓRFICAS E SEDIMENTARES, LISBOA	138
I. Introdução	140
II. Guião da Actividade de Campo.....	142
II.1. Objectivos da actividade.....	142
II.2. Preparação da actividade na sala de aula.....	142
II.3. Actividade de campo	143
II.3.1. Caracterização dos locais	143
II.3.2. Material necessário para a actividade de campo.....	145
II.3.3. Actividades de campo 1: Complexo vulcânico de Lisboa	146
II.3.3.1. Actividade 1A: Ribeira de Fanhões	146
II.3.3.2. Actividade 1B: Cabeço de Montachique	147
II.3.4. Actividades de campo 2 - Praia da Bafureira.....	148
II.4. Pós actividade de campo	150
II.5. Avaliação da actividade.....	150
III. Sugestões de Resolução do Guião	152
III.1. Actividade de campo	152
III.2. Pós actividade de campo	155
Bibliografia	158
Anexos	160
5.5. ACTIVIDADES DE CAMPO NO ENSINO DA GEOLOGIA: MACIÇO ERUPTIVO DE SINTRA E REGIÃO ENVOLVENTE	165
I. Introdução	167
II. Guião da Actividade de Campo.....	170
II.1. Objectivos da actividade.....	170
II.2. Preparação da actividade na sala de aula.....	171
II.3. Actividade de campo	171
II.3.1. Caracterização do local.....	171
II.3.2. Material necessário para a actividade de campo.....	173
II.3.3. Actividades de campo.....	173
II.3.3.1. Actividade 1: Maciço Eruptivo de Sintra - Malveira.....	173
II.3.3.2. Actividade 2: Maciço Eruptivo de Sintra - Cabo da Roca.....	174
II.3.3.3. Actividade 3: Área envolvente do MES - Praias da Cresmina e do Guincho	175
II.3.3.4. Actividade 4: Área envolvente do MES - Praia da Adraga.....	177
II.3.3.5. Actividade 5: Área envolvente do MES - Praia Grande do Rodízio	178
II.4. Pós actividade de campo	179
II.5. Avaliação da actividade.....	179
III. Sugestões de Resolução do Guião	181
III.1. Actividade de campo	181
III.2. Pós actividade de campo	190
Bibliografia	193
Anexos	195
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	201
BIBLIOGRAFIA	205
ANEXOS.....	213
ANEXO I. TABELA ESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL	214
ANEXO II. BÚSSOLA DE GEÓLOGO.....	215
ANEXO III. CARTA GEOLÓGICA	217
ANEXO IV. CADERNO DE CAMPO	220
ANEXO V. RECOLHA DE AMOSTRAS.....	221
ANEXO VI. GLOSSÁRIO	222

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Modelo para a estrutura das actividades práticas de campo.....	9
Figura 2.2 - Factores que condicionam a aprendizagem dos alunos nas APC.....	10
Figura 3.1 – Ciclo de Wilson	16
Figura 3.2 - Zonas paleogeográficas e estruturais do Maciço Ibérico	17
Figura 3.3 - Principais sectores da Zona de Ossa Morena	18
Figura 3.4 - Reconstituição paleogeografica da zona SW da Península Ibérica no Paleozóico	20
Figura 3.5 – Zona Sul Portuguesa	21
Figura 3.6 – Limites da Bacia Lusitaniana e das falhas que constituem fronteiras internas importantes ao longo da sua evolução.....	24
Figura 4.1 – Regiões e locais de interesse científico e didáctico para a realização de actividades de campo	28
Figura 4.2 – Praia de Almogrove	29
Figura 4.3 – Praias de Ponta Ruiva e Telheiro	30
Figura 4.4 - Praia de Almogrove: sinforma e antiformas	31
Figura 4.5 - Ponta do Telheiro: discordância angular (a vermelho) entre pelitos e grauvaques do Carbónico e arenitos vermelhos do Triásico.....	32
Figura 4.6 – Depósitos sedimentares triásicos (A) e falhas de componente normal (B).....	33
Figura 4.7 – Localização de Fanhões e Montachique	34
Figura 4.8 – Ribeira de Fanhões: bancada de escoadas basálticas que alternam com níveis de tufos vulcânicos e piroclastos	35
Figura 4.9 – Disjunção prismática na antiga chaminé vulcânica de Montachique.....	36
Figura 4.10 – Ribeira de Fanhões: fenocristais de olivina alterados no seio de uma matriz microcristalina	37
Figura 4.11 – Maciço Eruptivo de Sintra.....	38
Figura 4.12 - Mapa Geológico do Maciço Eruptivo de Sintra	39
Figura 4.13 - Corte esquemático das estruturas induzidas pelo MES	39
Figura 4.14 – Maciço Eruptivo de Sines	40
Figura 4.15 – Rede de filões básicos e ácidos que cortam em vários sentidos as formações	41
Figura 4.16 – Praia da Bafureira	43
Figura 4.17 – Praia da Bafureira: calcários boudinados (A), figuras de carga na base do estrato (B), estratificação cruzada (C) e pistas (D)	43
Figura 4.18 – Praias da Cresmina e do Guincho.....	44
Figura 4.19 – Praia da Cresmina: erosão cársica nos calcários	45
Figura 4.20 – Praia da Cresmina: arenitos (A), calcários com ostreídeos (B) e calcários com <i>Orbitolinas</i> (C).....	46
Figura 4.21 – Corte geológico simplificado do Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente	47
Figura 4.22 – Praia da Adraga e Praia Grande do Rodízio.....	48
Figura 4.23 – Praia da Adraga: Calcários bioturbados e falha inversa	49
Figura 4.24 – Praia Grande do Rodízio: Camadas de Almargem sub-verticais	50
Figura 4.25 – Praia do Norte, Sines.....	51
Figura 4.26 - Enquadramento da Península de Setúbal e localização do Cristo-rei (1), da Cadeia da Arrábida (2) e de Sesimbra (3).....	52

Figura 4.27 - Corte Geológico da Península de Setúbal	53
Figura 4.28 - Península de Setúbal: Cristo-rei, Sesimbra e Pedreira da Brecha	53
Figura 4.29 - Estratos com diferentes granulometrias: bioturbação (A), falha normal (B) e fósseis de gastrópodes (C).....	54
Figura 4.30 – Pedreira: contacto dos conglomerados com os calcários (A); estilólitos (B).....	55
Figura 4.31 - Sucessão estratigráfica do sector Estremoz-Barrancos	58
Figura 4.32 – Localização dos vários afloramentos na região de Barrancos	59
Figura 4.33 - Ribeira de Almansor (SW de Montemor-o-Novo), Safira e Silveiras	61
Figura 4.34 - Alto de São Bento, Évora	63
Figura 4.35 – Alto de São Bento (Moinhos): I. Granitóide porfiróide, II. Filão aplítico (A), filão pegmatítico (B) e encrave máfico (C)	64
Figura 4.36 – Alto de São Bento (Pedreira): Granitóide de grão médio intersectado por filões aplito-pegmatíticos	65
Figura 4.37 – Alto de São Bento (Pedreira): I. Granitóides com diáclases sub-horizontais, II. Plano de falha N80°W sub-vertical com estrias sub-horizontais.....	66
Figura 4.38 – Alto de São Bento (Pedreira): I. Contacto entre o granodiorito bandado e o granitóide, II. Contacto entre o granitóide e o encrave da rocha encaixante metamorfolizado (micaxisto).....	66
Figura 4.39 - Mina de S. Domingos e zona envolvente, Mértola	67
Figura 4.40 - Painel informativo da Mina de S. Domingos: esquema do Stockwork.....	68
Figura 4.41 - Corta da mina preenchida por um lago de águas ácidas.....	70
Figura 4.42 – Aspectos da zona envolvente da mina	71
Figura 5.1 – Localização das actividades práticas de campo	74
Figura 5.2.1 – Localização do Alto de São Bento.....	80
Figura 5.2.2 - Zonas paleogeográficas e estruturais do Maciço Ibérico.....	81
Figura 5.2.3 – Colisão entre placas tectónicas: subducção da placa oceânica [A] e posterior colisão continental [B].....	82
Figura 5.2.4 – Filão aplítico-pegmatítico.....	84
Figura 5.2.5 – Enclave de micaxisto.....	85
Figura 5.2.6 - Alto de S. Bento (Pedreira): Cristais de Turmalina num filão pegmatítico.....	86
Figura 5.2.7 – Alto de S. Bento (Pedreira): contacto entre o granodiorito bandado e o granitóide	87
Figura 5.2.8 - Granitóides com textura porfiróide cortados por filões aplíticos e pegmatíticos	90
Figura 5.2.9 - Enclave máfico cortado por um filão.....	91
Figura 5.2.10 - Filão aplítico-pegmatítico	92
Figura 5.2.11 - Contacto entre o granitóide e o encrave metamórfico (micaxisto).....	92
Figura 5.2.12 - Granitóide do Alto de S. Bento [ASB]	93
Figura 5.2.13 - Observação microscópica de Granitóide [ASB] obtida com nicóis paralelos	94
Figura 5.2.14 - Observação microscópica de Granitóide [ASB] obtida com nicóis cruzados	94
Figura 5.3.1 – Localização da Mina de S. Domingos, Mértola	109
Figura 5.3.2 – Mapa Geológico esquemático da Zona Sul Portuguesa.....	111
Figura 5.3.3 – Bancadas de pelitos e grauvaques, barreira de estrada, Salgueiros	112
Figura 5.3.4 – Esquema de resposta.....	113
Figura 5.3.5 - Trajecto ao longo da linha de caminho de ferro (Fotos 1, 2, 3 e 4). Veios de quartzo (Foto 5)	114
Figura 5.3.6 – Complexo filito-quartzítico, na barreira da estrada junto ao Pomarão	115
Figura 5.3.7 – Cais de embarque do Pomarão.....	116
Figura 5.3.8 – Mina de S. Domingos e zona envolvente.....	117
Figura 5.3.9 - Corta da Mina de S. Domingos	118
Figura 5.3.10 - Tanques de lixiviação do minério.....	119

Figura 5.3.11 - Área industrial da Achada do Gamo	119
Figura 5.3.12 – Contaminação da zona envolvente da mina.....	120
Figura 5.3.13 – Sulfatos.....	121
Figura 5.3.14 – Polaridade nas bancadas de grauvaques	123
Figura 5.3.15 - Grauvaque: amostra de mão recolhida em Salgueiros	126
Figura 5.3.16 - Observação microscópica obtida com nicóis cruzados da amostra de grauvaque.	
Aspecto geral da lâmina evidenciando a heterogeneidade de formas e dimensões dos detritos.	127
Figura 5.4.1 – Localização de Montachique e Fanhões.....	143
Figura 5.4.2 – Localização da Praia de Bafureira.....	144
Figura 5.4.3 – Chaminé vulcânica de Montachique	145
Figura 5.4.4 – Margem da Ribeira de Fanhões: contacto entre o nível de piroclastos e as escoadas basálticas	146
Figura 5.4.5 – Cabeço de Montachique: disjunção colunar numa antiga chaminé vulcânica	147
Figura 5.4.6 – Praia da Bafureira: arriba e pormenor da camada de calcários boudinados	148
Figura 5.4.7 - Filão máfico a interceptar a formação sedimenta.....	149
Figura 5.4.8 – Contacto entre o nível de piroclastos e as escoadas basálticas. Pormenor do basalto com fenocristais de olivina muito alterados	152
Figura 5.4.9 - Calcário apinhado (A) e estrato boudinado (B)	153
Figura 5.4.10 – Pormenor do filão máfico a interceptar a formação sedimentar	154
Figura 5.4.11 – Amostra de basalto (Lexim*)	155
Figura 5.4.12 – Observação microscópica do basalto obtida com nicóis paralelos	156
Figura 5.5.1 – Itinerários propostos para APC no MES e região envolvente	167
Figura 5.5.2 – Locais das actividades de campo no Maciço de Sintra e região envolvente.....	171
Figura 5.5.3 – Corte esquemático da instalação do MES: anticlinal assimétrico evidenciando a inclinação diferente das camadas a norte e a sul	172
Figura 5.5.4 – Malveira: “Xistos do Ramalhão”	174
Figura 5.5.5 – Calcários com fosseis: corais (I) e orbitolinas (II)	175
Figura 5.5.6 – Osso de dinossauro e gastólito (I) e ventifactos (II)	176
Figura 5.5.7 – Adraga: calcários com bioturbação.....	178
Figura 5.5.8 – Maciço Eruptivo de Sintra: granitos	181
Figura 5.5.9 – Cabo da Roca: contraste entre as rochas do MES e as encaixantes	182
Figura 5.5.10 – Praia da Cresmina: estratificação com inclinação para Norte	183
Figura 5.5.11 – Filão ígneo.....	184
Figura 5.5.12 – Arenitos: estratificação cruzada (I) e bioturbação (II).....	185
Figura 5.5.13 – Praia do Guincho: chaminé vulcânica.....	185
Figura 5.5.14 – Corte geológico simplificado do maciço eruptivo de Sintra	186
Figura 5.5.15 – Calcários metamorfizados com fósseis de gastrópodes (I) e cristais de calcite (II).....	187
Figura 5.5.16 – Calcários com bioturbação e falha inversa.....	188
Figura 5.5.17 – Praia Grande: erosão diferencial nas “Camadas de Almargem”	189
Figura 5.5.18 – Calcário fossilífero (I) e observação microscópica com nicóis paralelos do conteúdo fossilífero do calcário (II)	190
Figura 5.5.19 – Simulação de dobras e falhas com recurso à caixa de modelação	191

Resumo

FIALHO, Ana Maria T. C. – *Métodos e Técnicas do Trabalho de Campo no Ensino da Geologia*. Tese de Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço, Especialização em Processos Geológicos, Universidade de Évora, Abril de 2011, Orientador: Prof. Doutor Alexandre Araújo.

No actual contexto das escolas surgem alguns obstáculos de natureza conceptual e metodológica à realização de actividades de campo. Com este trabalho pretende-se uma abordagem do trabalho de campo nos conteúdos programáticos de Biologia e Geologia do 11º ano, integrando os conceitos gerais relativos aos principais tipos de ambientes geológicos e litologias associadas e alguns conceitos estruturantes do pensamento geológico, disponibilizando informação de carácter genérico sobre a geologia de vários locais e produzindo materiais didácticos de suporte visando facilitar a preparação e a aplicação de actividades práticas de campo.

Cada actividade prática de campo é constituída por um conjunto de elementos de introdução à actividade, um guião da actividade de campo e algumas sugestões de resolução do guião. A este nível o objectivo das actividades práticas de campo não é formar geólogos mas sim desenvolver atitudes, procedimentos e conceitos básicos em geologia que permitam a compreensão e a interpretação dos fenómenos geológicos. O modelo de guião proposto caracteriza-se por um desenvolvimento em três fases - preparação, trabalho de campo e síntese - e em ambientes diferentes: sala de aula/campo/sala de aula.

As áreas seleccionadas situam-se na Zona de Ossa Morena (*Alto de São Bento, Évora*), Orla Ocidental (*Fanhões, Montachique, Praia da Bafureira e Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente*) e Zona Sul Portuguesa (*Mina de São Domingos, Mértola*). Na Zona de Ossa Morena e na Orla Ocidental foram seleccionados locais onde serão abordados aspectos relacionados com os ambientes magmático, metamórfico e sedimentar. Na Zona Sul Portuguesa será privilegiado o impacto ambiental causado pela Mina de São Domingos.

PALAVRAS-CHAVE: Trabalho de Campo, Actividades Práticas de Campo, Ensino da Geologia, Guião da Actividade de Campo, Materiais e Recursos Geológicos.

Abstract

FIALHO, Ana Maria T. C. - *Fieldwork Methodologies and Techniques in the Geology Teaching*. Master's Thesis in Earth Sciences from the Atmosphere and Space, Specialization in Geological Processes, University of Évora, April 2011, Tutor: Professor Doctor Alexandre Araújo.

In the current context of schools some obstacles have arisen to the conceptual and methodological implementation of field activities. With this work we intend to reach an approach to fieldwork in the Biology and Geology syllabus, in the 11th form, integrating the general concepts related to the main types of geological environments and associated lithologies as well as structural concepts of geological thought, providing general information on the geology of various places and producing support teaching materials to facilitate the preparation and the implementation of field activities.

Each field activity is set by a group of elements to introduce the activity, a guidebook for the field activity as well as some suggestions for the guidebook resolution. At this level the aim of practical field activities is not teaching geologists but developing attitudes, procedures and basic concepts in geology that allows the understanding and interpretation of geological phenomena. The projected guidebook is characterised by a three phase model: preparation, fieldwork and synthesis- in different environments: classroom / field / classroom.

The selected areas are located in the Ossa Morena Zone (Alto São Bento, Évora), West Rim (Fanhões, Montachique, Bafureira Beach and Eruptive Massif of Sintra and the surrounding region) and South Portuguese Zone (São Domingos Mine, Mértola). In the Ossa Morena Zone and the West Rim, in the selected places, will be discussed aspects related to the magmatic, metamorphic and sedimentary environments. In the South Portuguese Zone the emphasis will be on the environmental impact caused by the São Domingos Mine.

KEYWORDS: Fieldwork, Practical Field Activities, Geology Teaching, Field Activity Guidebook, Materials and Geological Resources.

1. Introdução

1.1. Considerações iniciais

Este trabalho pretende integrar os conteúdos de Geologia, leccionados na disciplina de Biologia e Geologia do Ensino Secundário, numa metodologia onde o trabalho de campo integra o processo de ensino e de aprendizagem no contexto natural onde os fenómenos geológicos ocorrem.

Partindo da análise do Decreto-Lei nº74/2004, de 26 de Março, que estabelece os princípios orientadores da organização e gestão curricular do ensino secundário, das recomendações e orientações emanadas do actual programa da disciplina de Biologia e Geologia e tendo como referência o modelo de trabalho proposto por Orion (1993), são apresentadas um conjunto de ferramentas que possibilitarão aos professores a aplicação de metodologias dinamizadoras e facilitadoras das aprendizagens em Geologia.

Na actual realidade das escolas surgem alguns obstáculos à realização de actividades de campo, referidos por Marques et al (2005) e J. Moreira (2005) como dificuldades de natureza conceptual e metodológica resultante da insuficiente formação dos docentes neste tipo de actividades. A estes obstáculos juntam-se os constrangimentos logísticos verificados actualmente, a dificuldade de acesso à informação geológica local e regional, a sua deficiente sistematização e a reduzida disponibilização de metodologias de trabalho de campo. Tudo isto contribui para a não inclusão das actividades de campo nas práticas lectivas.

Desta forma, esta dissertação pretende fazer uma abordagem do trabalho de campo, integrando os conceitos gerais relativos aos principais tipos de ambientes geológicos e às litologias que lhes estão associadas e alguns conceitos estruturantes do pensamento geológico, nos conteúdos programáticos do ensino secundário. Pretende, ainda, disponibilizar informação de carácter genérico sobre a geologia de vários locais da região sul de Portugal, de forma a proporcionar actividades de campo nesses locais, e apresentar um conjunto de materiais didácticos que podem ser aplicados directamente em várias áreas do programa de 11º ano de escolaridade. O enquadramento teórico, de carácter científico, das actividades de campo propostas, assim como as sugestões para a sua resolução, visam facilitar a sua preparação e aplicação.

Na elaboração deste trabalho, as áreas escolhidas situam-se na Zona de Ossa Morena, Orla Ocidental e Zona Sul Portuguesa. Nas duas primeiras áreas foram seleccionados locais de interesse científico e didáctico onde serão abordados aspectos relacionados com os ambientes magmático, metamórfico e sedimentar e produzidos materiais de suporte a actividades de campo para alunos do 11º ano. Na zona Sul Portuguesa, será privilegiado o impacto ambiental causado pela Mina de São Domingos.

1.2. Objectivos

São objectivos deste trabalho:

- Desenvolver um projecto pessoal de actualização e enriquecimento científico que permita um melhor desempenho profissional;
- Desenvolver a aplicação de metodologias de trabalho de campo no sentido de possibilitar uma abordagem factual de conceitos estruturantes dos conteúdos programáticos;
- Contribuir para o desenvolvimento de atitudes de investigação que favoreçam a clarificação de concepções prévias adquiridas pelos alunos em sala de aula;
- Produzir materiais e modelos didácticos que possam contribuir para a melhoria das práticas de ensino e aprendizagem;
- Preparar actividades práticas de campo relativas a locais com interesse didáctico relevante enquadradas no respectivo programa;
- Construir guiões para actividades práticas de campo;
- Organizar um suporte teórico-prático de apoio e enquadramento das actividades práticas.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho desenvolve-se em seis capítulos. O **capítulo 1, Introdução**, enquadra o trabalho e define os seus objectivos.

O **capítulo 2, Fundamentos Didácticos do Trabalho de Campo em Geologia**, apresenta algumas considerações acerca dos objectivos e da importância do trabalho de campo enquanto estratégia utilizada no ensino da Geologia. Entre os modelos de desenvolvimento e implementação de trabalho de campo apresentados por vários geólogos e especialistas em Ciências da Educação, optou-se por referir, de forma sintética, um modelo de raiz construtivista, proposto por Nir Orion (1993), que pretende ser uma alternativa aos modelos de tipo “excursionista”. Com base neste modelo são, ainda, feitas algumas referências a aspectos que se prendem com a organização das actividades práticas de campo e com a sua integração no curriculum do ensino secundário.

O **capítulo 3, Enquadramento das actividades de campo na geologia de Portugal**, faz uma abordagem genérica das unidades litoestratigráficas que se distinguem na região de incidência deste trabalho, enquadrando-as na geologia de Portugal.

O **capítulo 4, Locais com interesse científico e didáctico para actividades práticas de campo**, é um roteiro, constituído por um conjunto de locais percorridos no Alentejo e Estremadura, com o objectivo de identificar e seleccionar locais com interesse científico e didáctico, susceptíveis de desenvolver actividades práticas de campo no âmbito do ensino secundário. Todos os locais elencados foram alvo de trabalho de campo no âmbito desta tese e são apresentados, neste capítulo, através de uma breve descrição em que se salientam os aspectos geológicos passíveis de ser trabalhados em actividades de campo com alunos do ensino secundário.

No **capítulo 5, Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia**, são apresentadas actividades de campo enquadradas nas unidades “Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres” e “Exploração sustentada de recursos geológicos” do programa de Biologia e Geologia do 11º ano. Cada actividade é constituída por uma introdução à actividade de campo e um guião da actividade de campo. No sentido de facilitar a realização das actividades são, também, apresentadas algumas sugestões para a resolução das actividades propostas, assim como a descrição dos vários locais onde decorrem as actividades.

Finalmente, o **capítulo 6, Conclusões e Considerações Finais**, faz uma reflexão genérica sobre a consecução dos objectivos desta dissertação, ao mesmo tempo que tece algumas considerações sobre outros temas dos programas das disciplinas que integram os *curricula* do ensino básico e secundário, na área da Geologia, passíveis de trabalho de campo.

2. Fundamentos Didáticos do Trabalho de Campo em Geologia

2.1. A importância das actividades práticas de campo no ensino da Geologia

As orientações emanadas da Revisão Curricular do Ensino Secundário (Decreto-Lei 74/2004, de 26 de Março) e dos actuais programas das disciplinas de Biologia e Geologia (Amador, Mendes et al 2003) defendem a integração das dimensões teórica e prática, a valorização do trabalho prático laboratorial e de campo no ensino das Ciências. Estas orientações vão ao encontro do consenso generalizado entre geólogos e didácticos de geologia sobre o lugar insubstituível que as actividades de campo, independentemente da terminologia utilizada, desempenham na aprendizagem em Ciências, como denunciam os estudos de Anguita e Ancochea (1981), Brusi (1992a), Compiani y Carneiro (1993), García de Torre, Sequeiros e Pedrinaci (1993), Jaén e Bernal (1993), Martín et al (1992), Nieda (1994), Vilaseca e Bach (1993) e York (1992), todos citados por Bonito e Sousa (1997) e, ainda, de Orion (1993), entre outros.

As actividades de campo podem ser designadas de forma diferente e seguir orientações distintas, como, por exemplo, saídas de campo (Brusi 1992b, citado por Bonito 2001, Orion 1993), excursões (Compiani y Carneiro 1993) e actividades práticas de campo (Bonito 2001).

A designação de actividades práticas de campo (APC) assume um significado mais vasto incluindo todas as acções com fins educativos, quer seja de ocupação manual ou intelectual, de carácter prático e realizadas em meio natural. Como qualquer actividade educativa, requer uma preparação prévia e cuidada, uma execução fundamentada pedagogicamente, um trabalho posterior de aprofundamento e de revisão e uma avaliação (Bonito e Sousa 1997).

As APC são, actualmente, entendidas como um método importante no ensino da Geologia. Assumem acções diversificadas realizadas no espaço da sala de aula, no laboratório ou no campo, implicando sempre que o aluno seja um sujeito activo no processo de aprendizagem.

O campo constitui o local privilegiado onde a maioria dos conceitos geológicos podem ser adquiridos no seu próprio contexto, possibilitando a compreensão e a construção do conhecimento geológico. O campo possibilita, ainda, o desenvolvimento de uma atitude científica, a iniciação ao “fazer geologia”, a partir da observação de objectos reais e da interpretação da natureza, na procura de informações, no entendimento dos fenómenos e na formulação de conceitos explicativos (Compiani y Carneiro 1993).

Para Kerner e Carpenter (1986, citado por Campiani y Carneiro 1993) o campo permite aos alunos uma sensação de integração dos processos naturais e da natureza como um todo. O homem, enquanto parte integrante da natureza e protagonista de alguns fenómenos que nela ocorrem, ao estudar geologia no campo faz com que a sua consciência da relação homem-meio assuma uma maior importância.

Segundo Brusi (1992a, citado por Bonito 2001: 89), alguns parâmetros tornam insubstituível o papel didáctico das actividades práticas de campo:

- *A inserção na esfera natural permite-nos compreender a amplitude, a diversidade e a complexidade do ambiente e a multiplicidade de variáveis que o integram;*
- *O conhecimento regional, no que se refere aos aspectos geológicos, vegetação e fauna, é difícil de abordar com um método activo se não for mediante o contacto directo com o meio;*
- *A própria vivência é o melhor marco de referência para nos consciencializarmos da passagem do tempo, que marca ritmos e intervalos na sucessão dos fenómenos;*
- *As actividades fora da sala de aula poderão transmitir mais vivacidade e uma atitude ávida em relação ao meio natural.*

A orientação didáctica dada ao trabalho de campo deverá ter em conta os objectivos definidos de modo a encontrar respostas para as questões que se vão colocando no decorrer do trabalho (Gody et al 2007). Por outro lado, a orientação utilizada assume um papel importante na medida em que deve conduzir a aprendizagens significativas.

Ao nível do ensino básico e secundário, o objectivo das actividades práticas de campo não é formar geólogos mas sim desenvolver atitudes, procedimentos e conceitos básicos em geologia que permitam a compreensão e a interpretação dos fenómenos geológicos (Bonito 2001).

Apesar das orientações programáticas vigentes o trabalho prático e de campo realizado nas escolas, além de pouco frequente, não corresponde às expectativas de alunos e professores (Rebelo 1998, Gabriel Murcilo et al 1998, todos citados por Moreira, Praia e Borges 2002). Normalmente as actividades ocorrem de forma isolada, frequentemente descontextualizadas das práticas lectivas, mal articuladas com os *curricula*, orientadas pelo bom senso e destituídas de fundamentação epistemológica e didáctica. Este facto levou Praia e Marques (1996, citado por Moreira 2005) a classificá-las como do tipo “*excursionista*”.

Apesar do seu valor educativo ser amplamente reconhecido, as APC são pouco implementadas e os seus resultados não correspondem ao esperado, quer ao nível da obtenção de uma aprendizagem significativa dos conceitos, quer ao nível da aquisição de hábitos e destrezas científicas. No entanto, os professores de Ciências da Terra, conscientes da importância do trabalho de campo, incluem-no nas suas planificações (Dourado 2001, citado em Dourado 2006).

As dificuldades associadas à planificação/organização das APC determinam a realização de um pequeno número de actividades que ocorrem em momentos, normalmente, não coincidentes com a abordagem dos conteúdos conceptuais correspondentes. Desta forma, estas actividades são muitas vezes utilizadas como enriquecimento das actividades realizadas nas aulas, servindo como uma síntese ou recompensa para os alunos (Orion 1989).

2.2. Objectivos das actividades práticas de campo

As actividades práticas de campo (APC) constituem uma estratégia para operacionalizar os objectivos pedagógicos definidos, por isso, têm que estar enquadradas e articuladas com outras actividades que decorrem na sala de aula e no laboratório.

Como qualquer outra actividade no processo de ensino-aprendizagem exigem um trabalho de planificação prévia onde se faz a formulação dos objectivos, a definição das actividades a desenvolver durante a saída e a sua avaliação (Bonito 2001).

Vários autores - Brusi 1992a, 1992c, Martín et al 1992, Compiani y Carneiro 1993, Orion 1993 e Garcia de la Torre 1994, todos citados por Bonito 2001 - apresentam um conjunto de objectivos gerais passível de ser atingido através do desenvolvimento das APC (Bonito 2001: 114):

- *Considerar os pré-conceitos de conceitos geológicos de cada aluno;*
- *Desenvolver aprendizagens significativas de novos conceitos geológicos;*
- *Tomar um primeiro contacto com a realidade para iniciar um novo aspecto temático;*
- *Contactar, comprovar ou aplicar directamente factos ou algum tema já desenvolvido na classe, teoricamente ou numa prática laboratorial;*
- *Sugerir problemas e permitir uma primeira elaboração de dúvidas e questões;*
- *Recolher material de campo para trabalhos posteriores em sala ou laboratório;*
- *Exercitar habilidades, ou seja, adquirir e desenvolver sequencialmente destrezas sensoro-motoras e skills próprios da actividade de campo;*
- *Despertar atitudes e valores, como sejam o entusiasmo pela descoberta, o desenvolver uma atitude científica e de assumir um compromisso ético com o meio ambiente;*
- *Desenvolver o gosto pelo trabalho em equipa e capacidade para realizá-lo.*

2.3. Um modelo de desenvolvimento e implementação de actividades práticas de campo

Nir Orion (1993) propõe um modelo de saídas de campo, de raiz construtivista, que pretende constituir-se como alternativa aos modelos de tipo “excursionista”. O modelo considera o trabalho de campo como uma estratégia que deve ser usada no ensino da Geologia de forma sustentada e em continuidade com outras estratégias de ensino-aprendizagem, utilizadas no desenvolvimento do *curriculum* dos alunos (Moreira 2005).

Segundo este modelo (figura 2.1) o ciclo de aprendizagens desenvolve-se em três fases e a hierarquização dos conceitos faz-se, num movimento em espiral, do concreto para o abstracto, no qual as actividades desenvolvidas estão interligadas (Orion 1989, 1993).

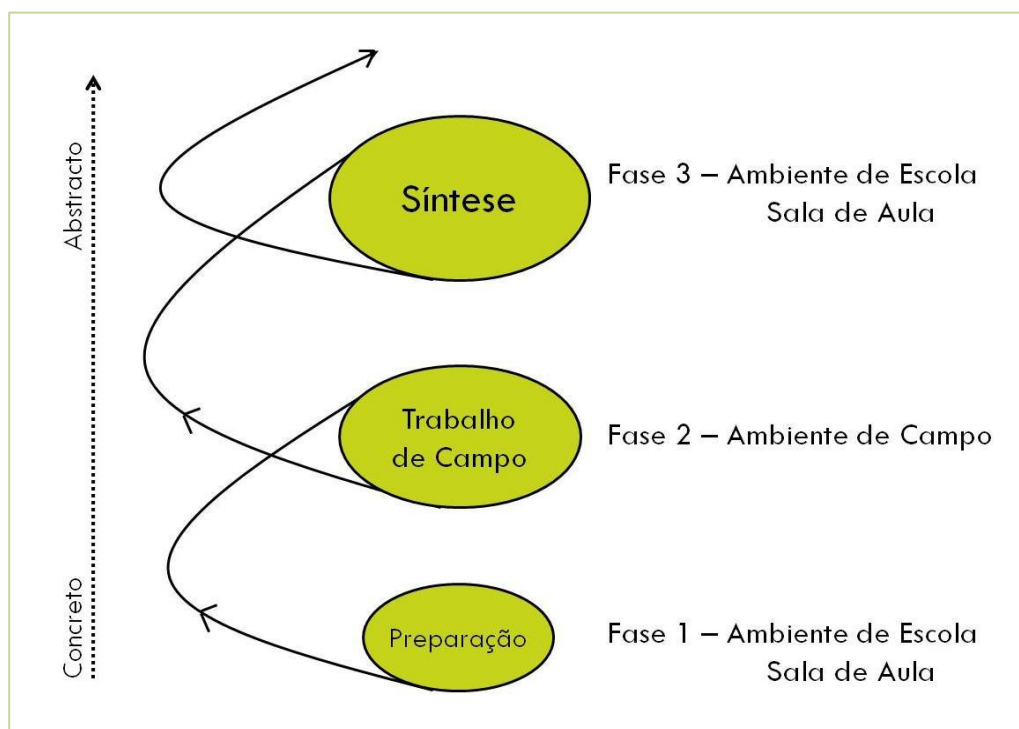


Figura 2.1 - Modelo para a estrutura das actividades práticas de campo
(Adaptado de Orion 1993)

O modelo proposto caracteriza-se por um desenvolvimento em três fases: preparação, trabalho de campo e síntese. Cada fase funciona como ponte para a seguinte desenvolvendo-se em ambientes diferentes, sala de aula/laboratório, campo e sala de aula.

Fase de preparação – Nesta fase, especialmente importante, deverão ser desenvolvidas actividades que garantam a compreensão clara dos objectivos e das actividades a realizar durante o trabalho de campo. Para além dos aspectos de ordem logística deverão, ainda, ser considerados outros, tais como:

- Hierarquização dos conceitos curriculares;
- Selecção da área em estudo;
- Distribuição dos conceitos para cada paragem e a sua articulação com os conceitos curriculares;
- Planificação de um roteiro, com vista à sua praticabilidade;
- Construção de materiais que possibilitam a orientação do trabalho dos alunos durante a actividade de campo (guião, livro de campo ou outros).

Nesta fase deve ser considerado o “*novelty space*”, apontado por Orion (1989) como um condicionante da aprendizagem efectuada nas actividades de campo. Os alunos revelam mais dificuldades durante as actividades quando o local onde elas decorrem lhes é totalmente desconhecido. Este espaço – traduzido por Praia e Marques (1997) como de “consciencialização para o novo, para a novidade” – compreende três factores condicionantes da aprendizagem do aluno durante as APC: cognitivo, geográfico e psicológico (figura 2.2).

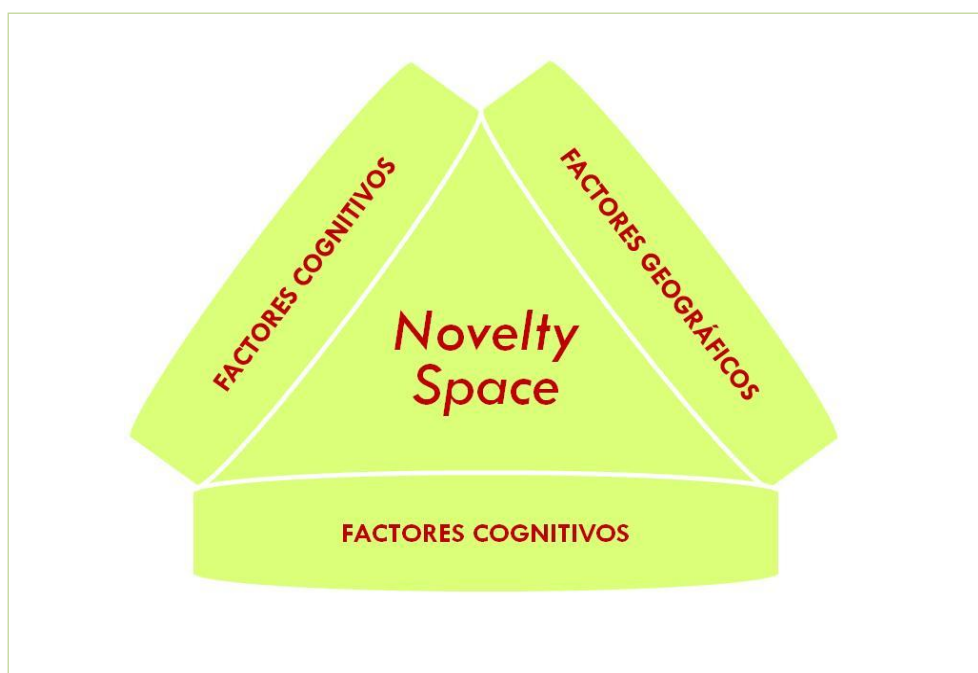


Figura 2.2 - Factores que condicionam a aprendizagem dos alunos nas APC
(Adaptado de Orion 1993)

No sentido de reduzir a condicionante negativa do “*novelty space*” é importante a preparação dos alunos nos três domínios referidos: a preparação científica, com o domínio de termos e conceitos geológicos, o conhecimento da área de estudo e a motivação.

A preparação da APC é desenvolvida em contexto de sala de aula através de actividades concretas que envolvam materiais ou fenómenos passíveis de serem encontrados no campo. Os factores de natureza cognitiva estão relacionados com o domínio científico dos pré-requisitos cuja ausência pode dificultar o êxito da actividade prática de campo. A preparação ao nível geográfico consiste no conhecimento do local onde vai decorrer a APC, podendo ser conseguido com o recurso a materiais multimédia ou às tecnologias de informação e de comunicação (TIC). A componente psicológica está relacionada com a predisposição psicológica e motivacional do aluno para a actividade. Poderá ser preparada através da descrição de como a actividade vai decorrer, do local, dos seus objectivos ou de outra situação capaz de criar expectativa e interesse nos alunos.

A preparação adequada das actividades de campo permite a redução do “*factor surpresa*” nas suas três componentes, garantindo uma melhor aprendizagem significativa durante a actividade de campo (Orion 1989, 1993; Bonito 2001).

Fase do trabalho de campo – O trabalho de campo é a unidade central de toda a APC. É no campo que os alunos têm a oportunidade de tocar, observar e investigar os fenómenos naturais integrando-os em níveis mais abstractos de aprendizagem (Orion 1993).

Na actividade de campo os alunos constroem o seu próprio conhecimento problematizando, pesquisando, interagindo com os fenómenos e os materiais. Através de um guião os alunos são conduzidos na sua investigação, praticando tarefas de observação e identificação, ao mesmo tempo que são confrontados com questões conceptualmente mais complexas para as quais é necessário encontrar resposta.

Tratando-se de uma actividade de campo semidirigida, o professor deve ter o papel de moderador, resolvendo eventuais dúvidas aos alunos, orientando o grupo e mantendo o ritmo adequado de trabalho. Desta forma, o professor mantém um papel activo ao mesmo tempo que permite que o aluno seja o protagonista no seu processo de aprendizagem (Bonito 2001).

Fase de síntese – Por último, novamente em contexto de sala de aula, os alunos confrontam os seus conhecimentos prévios com os recentemente adquiridos na actividade, esclarecem situações, reformulam hipóteses e conceptualizam o conhecimento que exige maior grau de abstracção (Orion 1993).

2.4. Organização das actividades práticas de campo

As APC apresentadas no âmbito deste trabalho têm como finalidade proporcionar ao aluno a possibilidade de identificar, *in situ*, alguns dos conceitos que integram o programa da disciplina de Biologia e Geologia. O seu desenvolvimento tem por base o modelo proposto por Orion (1993), seguindo-se em cada actividade a estrutura proposta por este autor: fase de preparação, trabalho de campo e fase de síntese.

A preparação de uma actividade implica a definição de um conjunto de objectivos que garantam a sua articulação com os conteúdos programáticos da disciplina. Assim, as actividades apresentadas integram os conteúdos correspondentes ao ponto 2 - *Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres* e ao ponto 3 - *Exploração sustentada de recursos geológicos* do Tema IV - *Geologia, problemas e materiais do quotidiano* do programa de Geologia da Disciplina de Biologia e Geologia.

Na fase de preparação, para além da abordagem teórica ou teórico-prática dos conteúdos conceptuais, são sugeridas, para cada actividade, um conjunto de procedimentos que visam uma preparação mais específica dos alunos para o trabalho de campo.

A selecção do local, ou conjunto de locais, onde vai decorrer a actividade é uma tarefa exigente e morosa, ao mesmo tempo que implica o conhecimento, mais ou menos pormenorizado, da sua geologia e da região em que se insere. Para além dos locais seleccionados nos quais se desenvolveram as APC são, também, referidos outros locais como passíveis de ser utilizados em saídas de campo.

Na fase de campo a opção recai pelo tipo de actividade semi-dirigida. Neste tipo de saída de campo o professor assume um papel socrático, adopta uma atitude maiêutica e formula perguntas de carácter heurístico que suscitam o pensamento reflexivo e incentivam o aluno a observar, a deduzir e a sintetizar. O aluno, orientado pelo professor ou por guias didácticos bem estruturados e documentados para a actividade de campo, é o protagonista da descoberta (Compiani y Carneiro 1993, Bonito 2001).

Assim, os alunos seguem a actividade de campo apoiados por um guião que lhes vai permitir, de forma autónoma, encontrar os dados necessários para a concretização das tarefas a realizar. Ao professor compete, também, um papel organizativo, de definição de regras de trabalho e de resposta às solicitações dos alunos.

Após a saída de campo, em situação de sala de aula ou em laboratório, os alunos deverão concluir a actividade, sintetizando, esclarecendo e complementando os conceitos adquiridos. Para tal, devem ser planificadas actividades que a possibilitem.

2.5. Integração dos conteúdos programáticos da disciplina nas actividades desenvolvidas

As actividades práticas de campo propostas no capítulo 5, *Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia*, enquadram-se na componente de Geologia do Programa de Biologia e Geologia do 11º Ano, ponto 2, *Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres*, e ponto 3, *Exploração sustentada de recursos geológicos*, do Tema IV, *Geologia, problemas e materiais do quotidiano* (tabela 2.1).

TEMA / UNIDADES	CONTEÚDOS CONCEPTUAIS
Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres	<ul style="list-style-type: none"> ➡ Principais etapas de formação das rochas sedimentares ➡ Rochas sedimentares ➡ As rochas sedimentares, arquivos históricos da Terra ➡ Magmatismo ➡ Rochas magmáticas ➡ Deformação frágil e dúctil. Falhas e dobras ➡ Metamorfismo ➡ Agentes de metamorfismo ➡ Rochas metamórficas
Exploração sustentada de recursos geológicos	<ul style="list-style-type: none"> ➡ Recursos minerais

Tabela 2.1 – Conteúdos conceptuais do programa de Biologia e Geologia 11º ano abordados nas APC desenvolvidas no âmbito deste trabalho

3. Enquadramento das actividades de campo na geologia de Portugal

3.1. Enquadramento na geologia de Portugal

A teoria da Tectónica de Placas permite explicar a evolução geodinâmica de Portugal através do conceito de ciclo de Wilson. Entende-se, por ciclo de Wilson, o conjunto de processos associados à formação, evolução e fecho de um oceano.

O processo que conduz à abertura de um oceano tem início com a formação de um rift intracontinental. Este processo pressupõe a existência de anomalias térmicas ao nível da mesosfera que induzem a formação de enormes colunas de materiais mantélicos, as quais ascendem a temperaturas superiores às do material envolvente. Ao atingir o topo da astenosfera, estes materiais causam um empolamento térmico na litosfera, ao mesmo tempo que vai ocorrendo a sua deformação e adelgaçamento. Face ao obstáculo constituído pela litosfera, os materiais tendem a fluir lateralmente gerando tensões do tipo distensivo. Estas tensões vão ser responsáveis pela ruptura da litosfera e formação de novos limites de placas ao longo das quais terão lugar movimentos divergentes. A zona de falha passa a ser preenchida por lava basáltica resultante da fusão, devido à descompressão, dos materiais rochosos que ascendem através da fractura e vão constituir a crosta oceânica (figura 3.1).

A nova litosfera, então formada, deriva lateralmente dando lugar à continuidade do processo de formação da litosfera ao nível do rifte (Allègre 1983).

A placa oceânica, à medida que se afasta do local da sua génese, vai arrefecendo e torna-se mais densa acabando por mergulhar sob uma placa litosférica, continental ou oceânica, nas zonas de subducção. Estas zonas correspondem às fossas oceânicas e resultam de um processo de fracturação da litosfera decorrente de desequilíbrios induzidos pela convecção mantélica.

Ao afundar, a placa oceânica fica sujeita as novas condições de pressão e de temperatura que induzem alterações profundas nos materiais originando intenso metamorfismo e magmatismo.

As zonas de subducção apresentam tipologias variadas referindo-se, apenas, como exemplo, a subducção associada à convergência entre uma placa oceânica e uma continental. Neste caso, do processo de subducção da litosfera oceânica, resulta uma forte deformação da litosfera continental e dos sedimentos depositados sobre a crosta oceânica e a ocorrência de vulcanismo, formando-se cadeias montanhosas na margem continental (figura 3.1).

A formação e o crescimento da crosta oceânica ao nível dos riftes são compensados pela sua destruição em zonas de subducção. Assim, este mecanismo de reciclagem da crosta oceânica, permite manter a volumetria da Terra (Terrinha 1998).

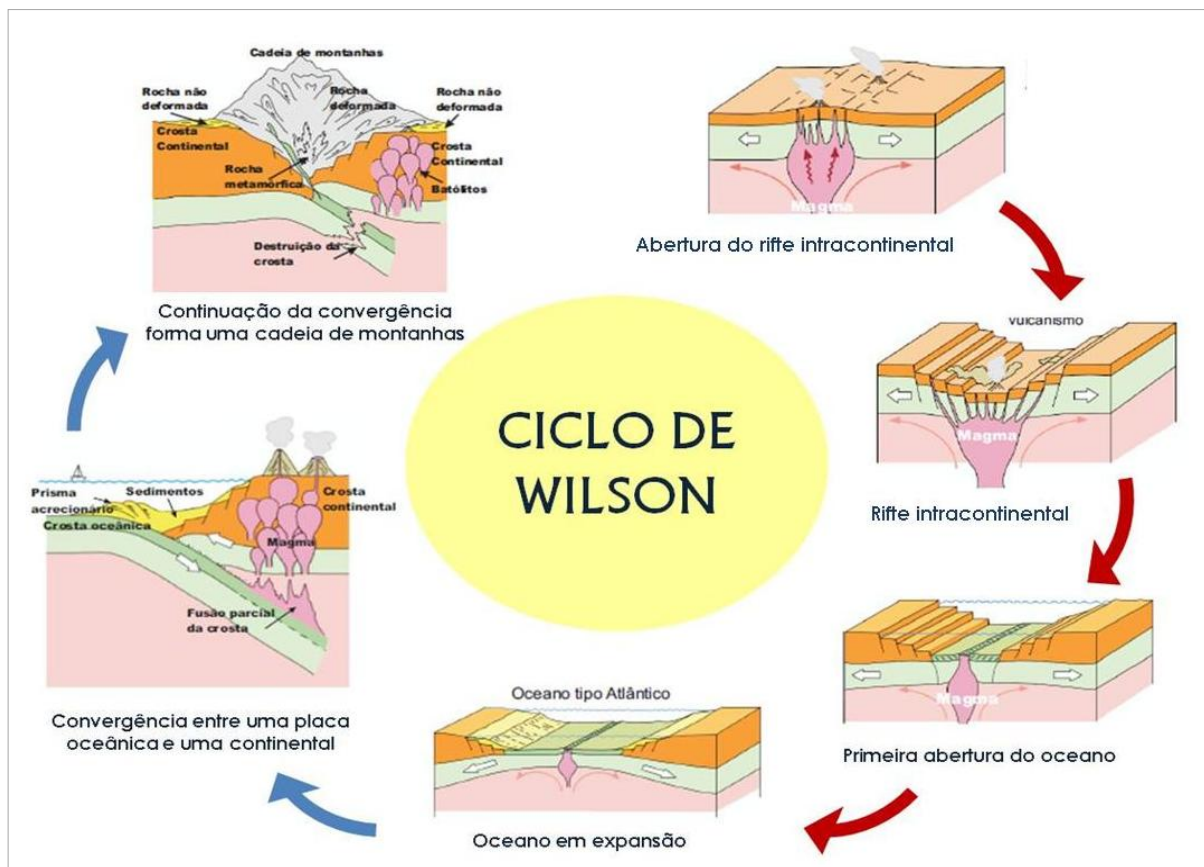


Figura 3.1 – Ciclo de Wilson
(Adaptado de E-GEO 2010)

A geologia da Ibéria, da qual Portugal é indissociável, é o produto de sucessivos ciclos associados à abertura, expansão e fecho de vários oceanos. O dinamismo do nosso planeta foi transformando as evidências destes ciclos, sendo apenas possível encontrar vestígios de alguns deles no interior de formações resultantes de ciclos mais recentes (Ribeiro 2006a).

A evolução geodinâmica da Ibéria durante o Proterozóico encontra-se muito mal preservada mas a evolução ligada ao ciclo Varisco está bem presente na Península Ibérica, em geral, e em Portugal, em particular. Decorreu durante o Paleozóico com a abertura dos oceanos Rheic e Paleotetis e a sua posterior subducção, com a formação de escamas ofiolíticas associadas à obducção e à abertura de bacias pós-arco.

A partir do Devónico médio até ao Carbónico superior, predominou a colisão entre os vários continentes culminando com a formação da Pangeia. Este supercontinente continua, durante o Pérmico inferior, a ser sujeito a compressão da qual resulta a sua deformação.

No decorrer do ciclo Varisco individualizam-se as unidades geodinâmicas que se distinguem na Ibéria (figura 3.2). As de primeira ordem, designadas por Terrenos, separados pelas suturas principais e, as de segunda ordem, as Zonas, cuja evolução paleogeográfica diferenciada distingue as Zonas Cantábrica [ZC], Astur-ocidental Leonesa [ZAOL], Centro-Ibérica [ZCI], Ossa-Morena [ZOM] e a Sul Portuguesa [ZSP] (Ribeiro 2006a).

Terminado o ciclo Varisco, inicia-se o processo de fracturação do supercontinente Pangeia e um novo oceano vai abrir, o Atlântico, dando-se, assim, início ao ciclo de Wilson mais recente. A expansão deste oceano continua actualmente, no entanto, segundo António Ribeiro (Ribeiro 2006a, 2008) existem evidências que este ciclo de Wilson se encontra num ponto de viragem, com o início do fecho do Atlântico. A subducção deste oceano iniciou-se a SW da Ibéria e a NW da África e propagar-se-á para Norte e para Sul, conduzindo ao fecho do Atlântico dentro de 150 ± 50 Ma (Ribeiro 2006a, 2008).

O sismo e o tsunami de Lisboa de 1755 constituem evidências de um ponto de viragem no ciclo de Wilson do Atlântico (Ribeiro 2006a, 2008).

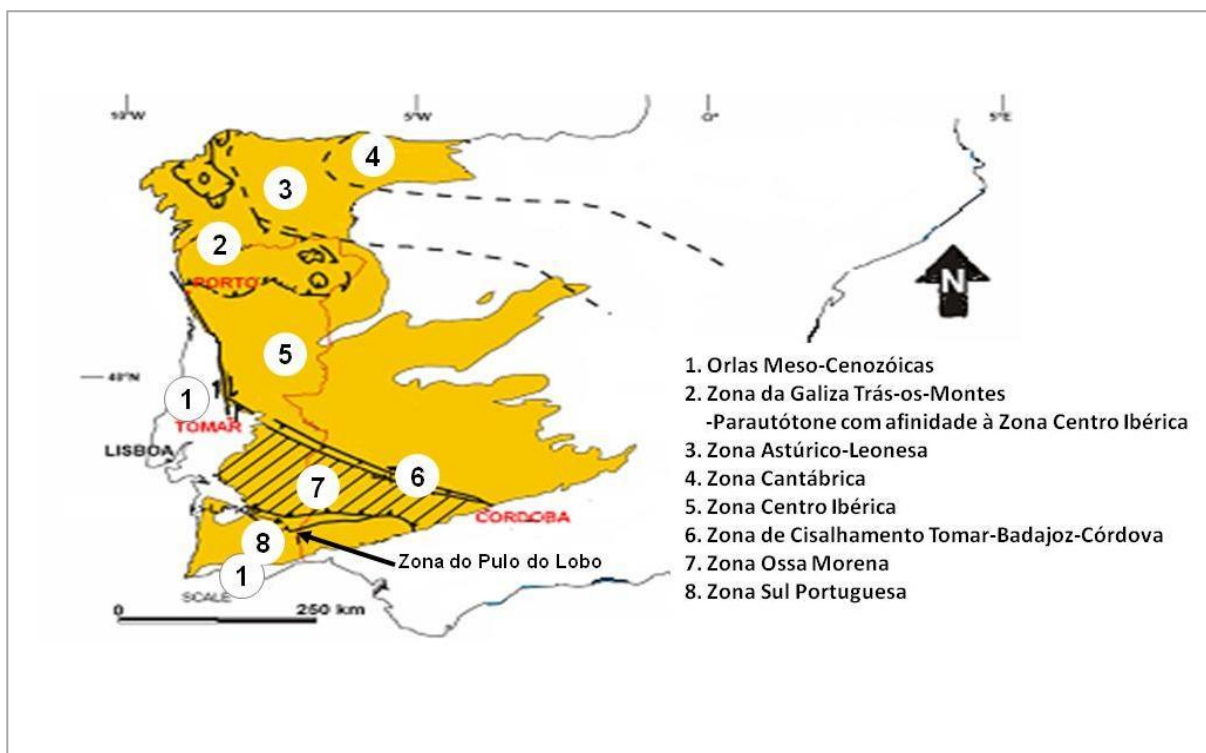


Figura 3.2 - Zonas paleogeográficas e estruturais do Maciço Ibérico
 (Adaptado de Batista 2003)

3.2. Zona de Ossa Morena (ZOM)

3.2.1. Caracterização

A ZOM é uma unidade geodinâmica do Maciço Ibérico, localizada no seu ramo sul (figura 3.3). Contacta, a norte, com a ZCI e, a sul, com a ZSP, através de zonas de cisalhamento. A sul, o contacto é feito através do Complexo Ofiolítico de Beja-Acebuches, principal sutura varisca no sul da Ibéria e, a norte, pela Zona de cisalhamento Tomar-Badajoz-Cordoba, zona de fraqueza crustal formada num ciclo orogénico anterior e reactivada pela Orogenia Varisca (Rocha et al 2009).

Nesta zona distinguem-se vários sectores e sub-sectoros (figura 3.3) cujas colunas estratigráficas registam a evolução tectónica da ZOM (Oliveira, Oliveira e Piçarra 1991, Araújo et al 2006).

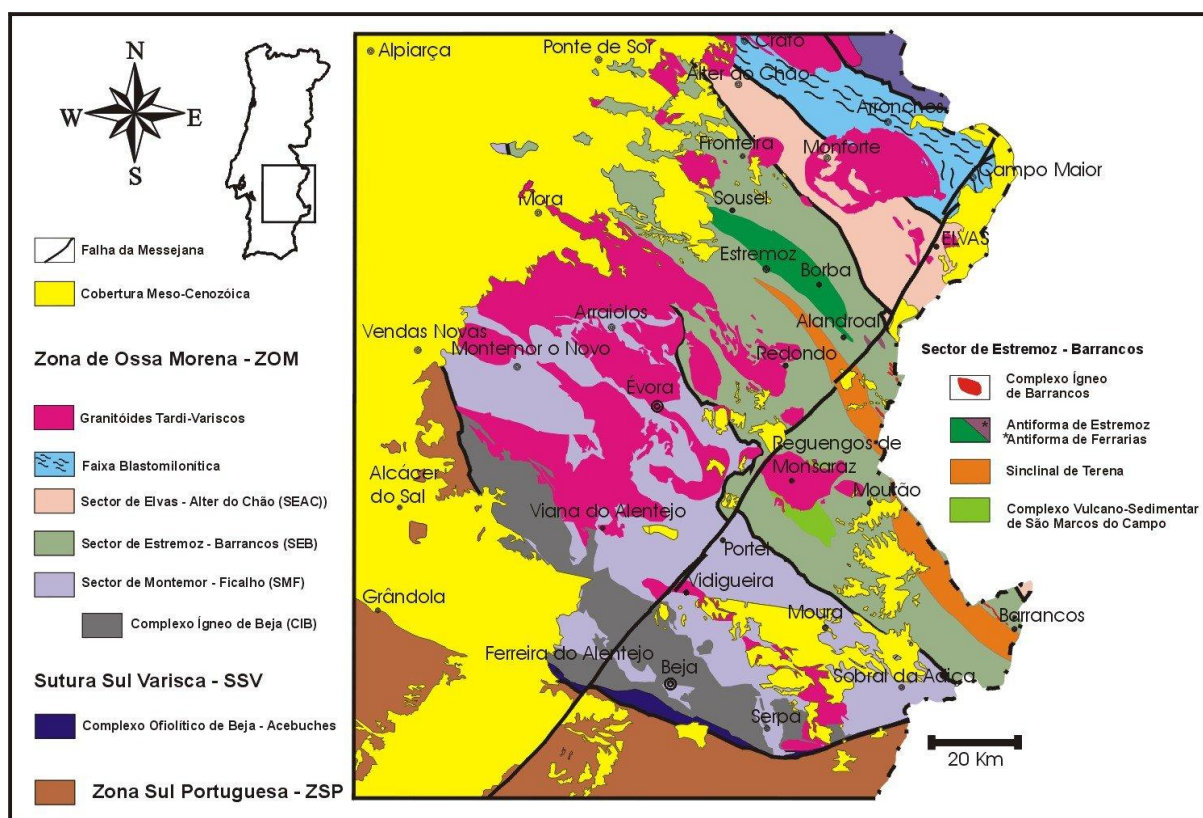


Figura 3.3 - Principais sectores da Zona de Ossa Morena (Araújo 2006)

3.2.2. Evolução tectónica da ZOM

A ZOM terá evoluído a partir do soco proterozóico, bastante deformado e metamorfizado durante a Orogenia Cadomiana. Após a erosão da cadeia precâmbrica, a tectónica distensiva terá sido responsável pela formação de várias bacias onde ocorreu vulcanismo e sedimentação diferenciada, o que se constata pela diversidade de colunas estratigráficas (Oliveira, Oliveira e Piçarra 1991).

A sedimentação reflecte a ocorrência, durante o Paleozóico inferior, de diversos ciclos transgressivos e regressivos. A tendência transgressiva no Câmbrio inferior está marcada pela extensa plataforma de rochas carbonatadas que se depositaram sobre as rochas vulcânicas e os sedimentos Proterozóicos. O magmatismo, então ocorrido, é indicativo de uma situação de *rifting* intracontinental (Araújo 2006).

Durante o Ordovícico a fase transgressiva é responsável por uma sedimentação, geralmente, terrígena e fina a que se seguem sedimentos mais grosseiros, o que parece indicar a passagem a um ambiente mais litoral. Esta sequência sedimentar pode ser encontrada no sector Estremoz-Barrancos e corresponde à sucessão das formações dos Xistos de Barrancos, Xistos com *Phyllocytes* e Colorada. A instalação de rochas intrusivas no NE Alentejano e a ocorrência do vulcanismo de São Marcos do Campo evidenciam a continuação de um regime distensivo na região (Oliveira, Oliveira e Piçarra 1991).

A sedimentação prossegue no Silúrico, torna-se mais regular em toda a ZOM e deposita-se uma série condensada constituída por xistos negros, carbonosos e liditos, habitualmente designados por “Xistos com Nódulos”, que afloram com maior expressão na região de Barrancos (Araújo 2006).

No Devónico Médio e Superior terá acontecido o levantamento de toda a ZOM, resultante do desenvolvimento de uma margem activa no seu bordo sul, com subducção e obducção para norte que terá sido responsável pela instalação de várias lâminas ofiolíticas sobre a ZOM que constituem o Complexo Ofiolito de Beja-Acebuches, testemunho do fecho do oceano Rheic e de uma bacia do tipo back-arc (figura 3.4). Forma-se o Complexo ígneo de Beja e ocorre magmatismo em vários sectores da ZOM, levando à instalação de vários maciços entre os quais o Maciço de Évora (Araújo 2006). A descompressão relacionada com os reajustamentos isostáticos decorrentes do processo orogénico terá sido responsável pela génese do magma e sua ascensão (Apalategui, Eguiluz and Quesada 1990).

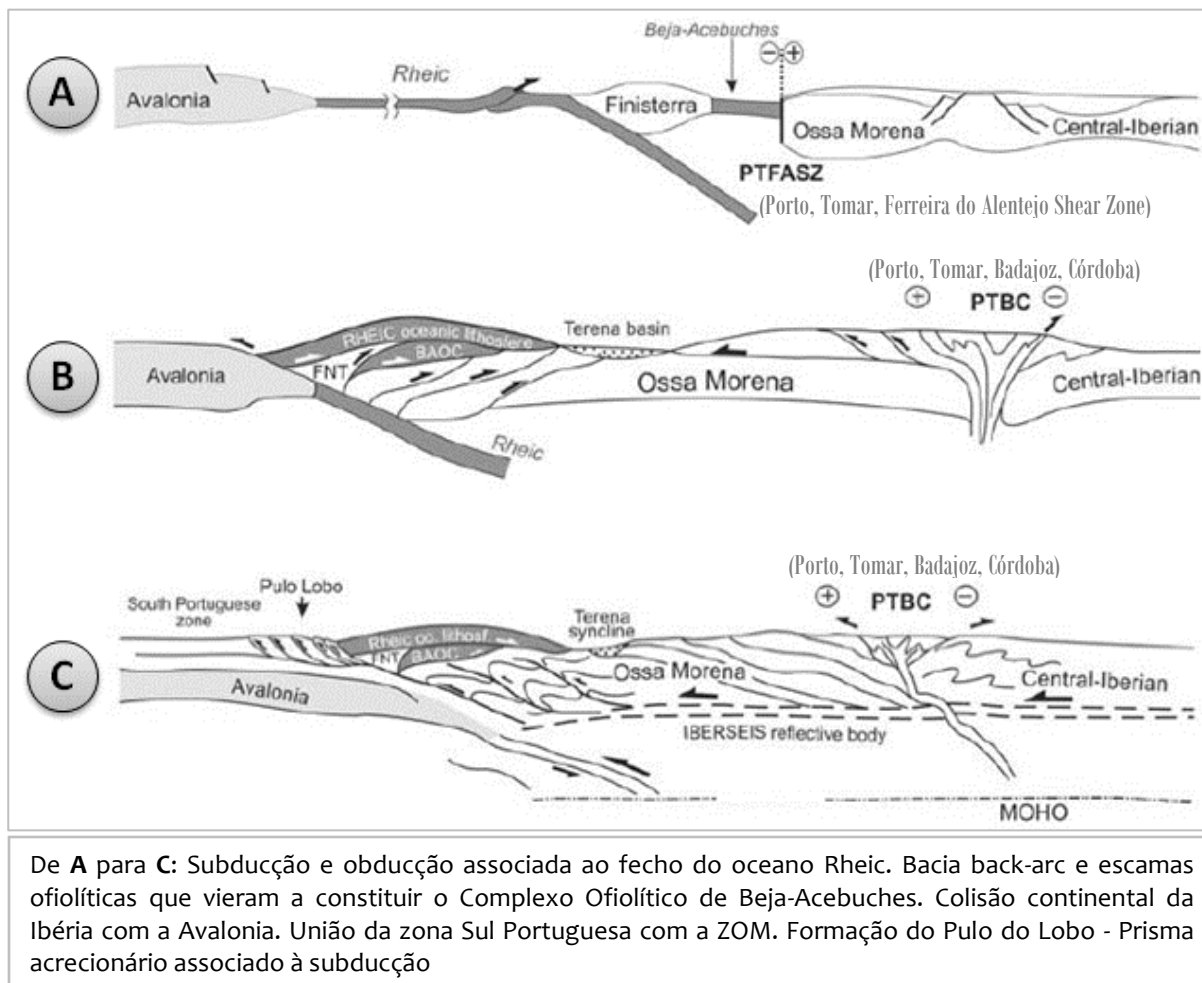


Figura 3.4 - Reconstituição paleogeografica da zona SW da Península Ibérica no Paleozóico

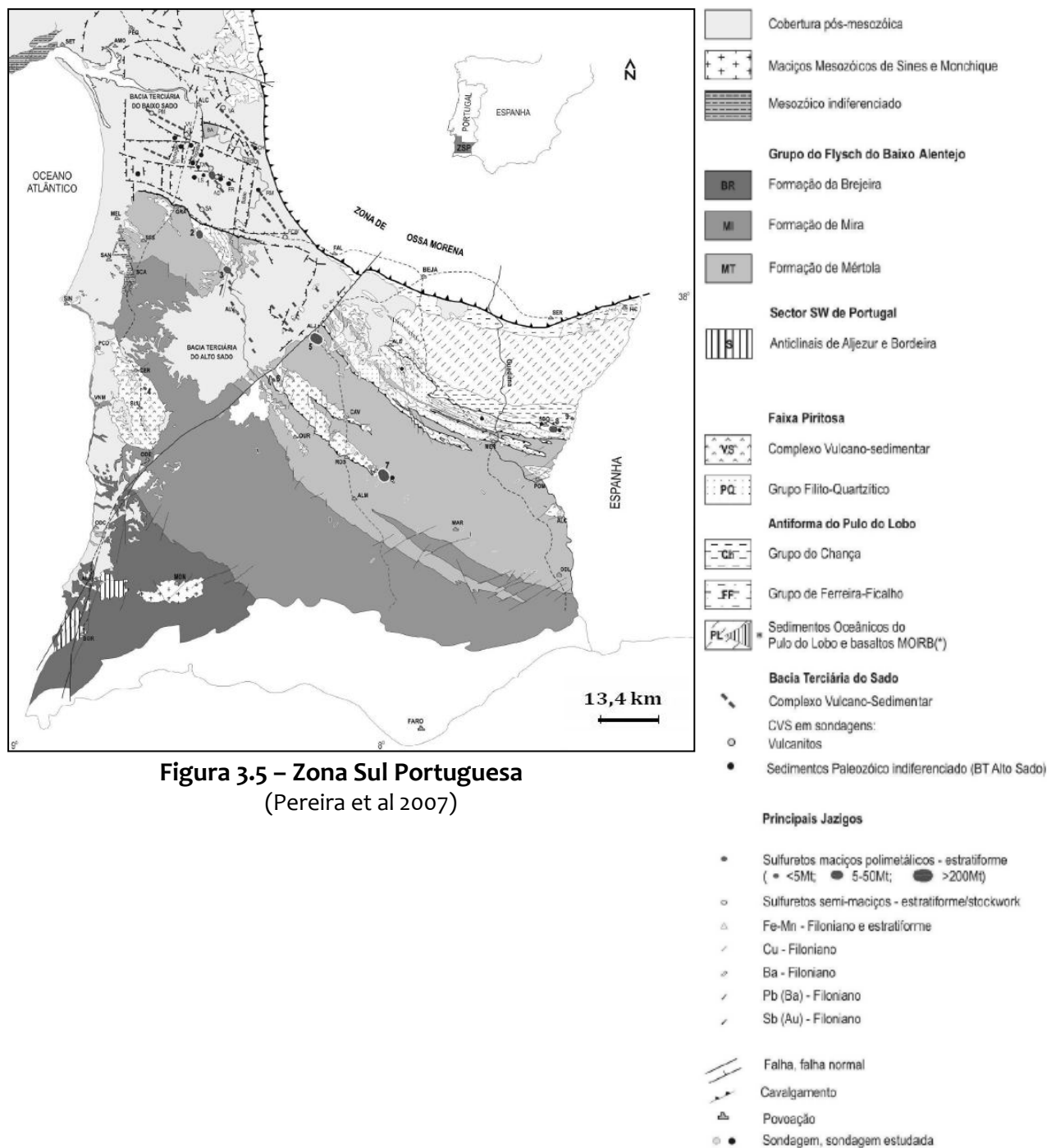
(Adaptado de Ribeiro et al 2007)

3.3. Zona Sul Portuguesa (ZSP)

3.3.1. Caracterização

A ZSP ocupa os sectores mais setentrionais do Baixo Alentejo e do Algarve contactando com a ZOM através do cavalcamento Ferreira–Ficalho (figura 3.5).

Nesta zona são identificados quatro domínios principais: Pulo do Lobo, Faixa Piritosa, Grupo do Flysch do Baixo Alentejo e o Sector Sudoeste (Oliveira et al, in prep.).



O Pulo do Lobo é o domínio mais antigo da ZSP, constituído por filitos e quartzitos muito deformados e rochas vulcânicas básicas com assinatura geoquímica do tipo MORB. Do ponto de vista estrutural, este domínio constitui uma antiforma cuja zona central é ocupada pela Formação do Pulo do Lobo (Munhá 1983, citado por Oliveira et al, in prep.). Para além da litologia, a sua posição estrutural, assim como, a deformação e o metamorfismo sofrido pelas rochas que a

constituem, relacionam esta formação com um prisma acrecionário associado ao processo de subducção de um fundo oceânico sob a crosta continental da ZOM (Araújo 2006, Oliveira et al, in prep.).

Na Faixa Piritosa, uma das mais importantes províncias metalogenéticas, distinguem-se várias unidades: O Complexo Vulcano-Sedimentar (CVS), o Grupo Filito-Quartzítico (GFQ ou PQ) e o Grupo Flysch do Baixo Alentejo (GFBA). Estas unidades observam-se no anticlinal de Pomarão, de forma particular, junto à antiga linha de caminho de ferro e ao longo dela.

Ao Grupo Filito-Quartzítico, composto por filitos, quartzitos e siltitos, segue-se o CVS constituído principalmente por xistos, siltitos, tufitos, rochas vulcânicas ácidas e básicas. A datação dos xistos através de fósseis indica que o grosso da actividade vulcânica terá ocorrido durante o Devónico superior (Oliveira et al, in prep.). Os xistos negros indicam que os termos sedimentares deste complexo se depositaram, predominantemente, em ambiente sedimentar marinho redutor, no entanto, a ocorrência de xistos borra de vinho associados a sedimentos vulcanoclásticos finos e xistos siliciosos indica a existência de ambientes oxidantes associados ao vulcanismo.

A sobrepor-se ao CVS ocorrem os turbiditos que integram o Grupo Flysch do Baixo Alentejo, datados do Viséano superior a médio. São constituídos por bancadas, de grauvaques, que alternam com xistos argilosos e siltitos, e níveis de conglomerados. A natureza dos conglomerados indica que a sua origem é, predominantemente, as rochas que constituem a própria Faixa Piritosa.

Por último, o Sector Sudoeste composto pelos Anticlinais da Bordeira e Aljezur onde afloram rochas detríticas a que se sucedem rochas argilo-carbonatadas, também de idade Devónico Superior (Oliveira et al, in prep.).

3.3.2. Evolução Geodinâmica da ZSP

Na sequência da subducção e obducção, que ocorreu sob a ZOM, intensificou-se a erosão dos relevos então formados. Os materiais resultantes da erosão vão contribuir para o enchimento de uma bacia sedimentar profunda constituída, predominantemente, por sedimentos detríticos, em grande parte de natureza flyschóide, constituindo o prisma acrecionário que veio a dar origem ao Pulo do Lobo. Estes sedimentos foram sujeitos a compressão na fase final da subducção do oceano varisco. A sul deste prisma acrecionário, continuou ao longo do Devónico superior, a sedimentação num mar epicontinental situado sobre a margem continental da placa Avalónia. A sedimentação neste mar é constituída por sedimentos detríticos, actualmente representados pelo GFQ que integra a Faixa Piritosa (Oliveira et al, in prep.).

No Carbónico inferior (Viséano), ao nível desta bacia, ocorreu vulcanismo do qual resultaria o CVS, onde teve lugar o processo de mineralização de sulfuretos maciços polimetálicos, que caracterizam esta província metalogénica (Batista 2003). Segundo Ribeiro (Ribeiro 2006a), o

vulcanismo que ocorreu na Faixa Piritosa resultou de um campo de tensões transtensivo e transpressivo, a que a crosta continental ficou sujeita devido à colisão oblíqua entre a ZOM e os terrenos que viriam a constituir a ZSP.

Ao nível da bacia, a sequência sedimentar sofre deformação sinsedimentar, associada a um regime compressivo, da qual resultou um conjunto de carreamentos com vergência para SW. O levantamento desta área expôs as rochas à erosão e os materiais resultantes deram origem a sedimentos que se depositaram numa bacia *foreland* e que vieram a constituir a Formação de Mértola do GFBA. A deposição do *Flysch*, assim como a sua deformação e metamorfização, progrediu da região de Mértola, onde se iniciou, para SW, acompanhando a direcção de propagação da Orogenia Varisca (Araújo 2006).

3.4. Orla Ocidental

3.4.1. Caracterização

A Orla Ocidental é constituída por uma grande bacia, a Bacia Lusitaniana, que emerge na margem do Atlântico norte. Ocupa mais de 20.000 km² na parte central da Margem Ocidental Ibérica (MOI), alongando-se por cerca de 200 km segundo direcção aproximada NNW-SSE e por mais de 100 km na direcção perpendicular a esta. Parte da área que constitui a Bacia aflora na área continental emersa, encontrando-se a restante imersa. A Oeste, o bordo da bacia é limitado por um relevo marginal designado por *horst* das Berlengas, situado na actual plataforma imersa, destacando-se como relevo emerso as ilhas das Berlengas, Estrelas e Farilhões. A Este, a bacia é limitada pela falha de Porto-Tomar que a individualiza das rochas do Maciço Hespérico e, a Sul, pela falha da Arrábida (figura 3.6).

Ao nível da estruturação interna da bacia outras falhas, com direcção ENE-WSW, assumem um papel importante, nomeadamente, porque algumas vão delimitar, pelo menos em determinados períodos de evolução da bacia, sectores com características estruturais e sedimentares distintas (Kullberg et al 2006a).

Com base nas variações de fácies e de espessuras nas unidades litostratigráficas do Jurássico Inferior que constituem a Bacia Lusitaniana, Rocha e Soares (1984, citados por Kullberg et al 2006a) dividiram a bacia em três sectores (figura 3.6):

- Sector norte, localizado a Norte da falha da Nazaré;
- Sector central, situado entre as falhas da Nazaré e do Estuário do Tejo;
- Sector sul, ou sector da Arrábida.

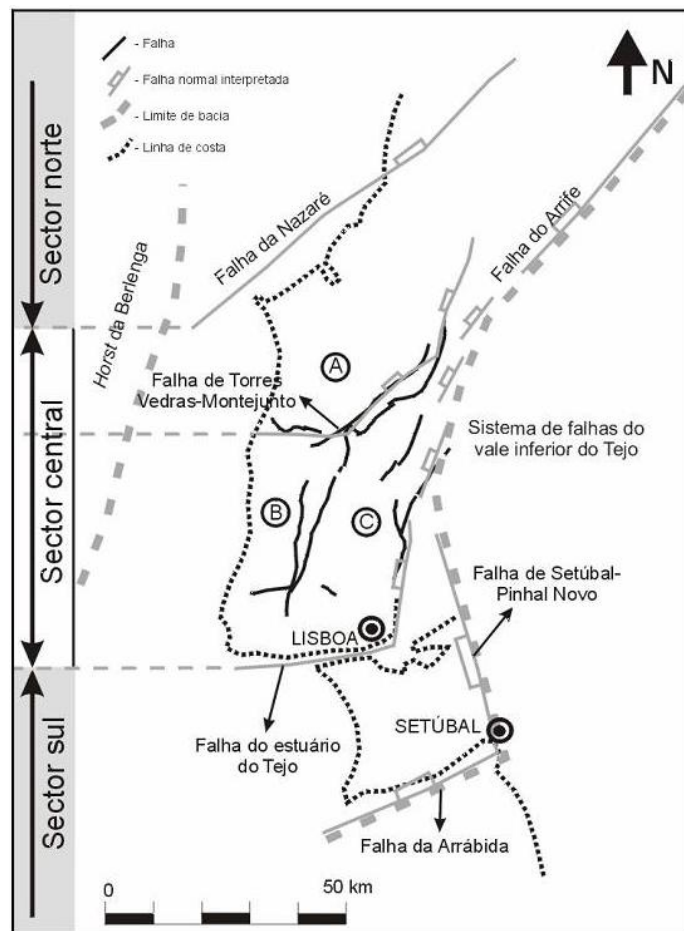


Figura 3.6 – Limites da Bacia Lusitaniana e das falhas que constituem fronteiras internas importantes ao longo da sua evolução
(Adaptado de Kullberg et al 2006a)

3.4.2. Evolução Geológica da Bacia Lusitaniana

A génese desta bacia está ligada aos estados iniciais de tensão da Pangeia que levaram progressivamente à sua fragmentação. A Ibéria ocupava, neste período, uma posição de charneira entre África e a Eurásia, delimitada a sul pela falha de Açores-Gibraltar, limite transformante que separava dois grandes continentes, a Laurásia, a Norte, e a Gondwana, a Sul, e, a Oeste, pelo rifte oceânico a partir do qual evoluiu o Atlântico.

A Bacia Lusitaniana desenvolveu-se durante o Mesozóico, num regime tectónico distensivo que vigorava na margem ocidental da Ibéria. A sua evolução está associada a vários episódios de *rifting*, caracterizados por um conjunto de aspectos de natureza tectono-sedimentar que ocorreram durante determinados períodos de tempo e que influenciaram a formação das unidades litoestratigráficas que constituem a bacia.

Os quatro episódios de *rifting* considerados na evolução da Bacia Lusitaniana decorreram entre o Triásico médio a superior e o Cretácico inferior. Durante os vários episódios verificou-se, por um lado, a reactivação de falhas herdadas do ciclo varisco, conduzindo à formação de importantes depressões estruturais, grabens e hemi-grabens e, por outro, o preenchimento das bacias então formadas. Inicialmente a bacia foi preenchida por sedimentos siliciclásticos provenientes do Maciço Hespérico, seguindo-se o depósito de espessas séries sedimentares evaporíticas. Com o aprofundamento da bacia tem lugar a formação de depósitos carbonatados (Kullberg et al 2006a).

No decorrer da evolução da Bacia tiveram lugar transformações de carácter geométrico e cinemático, responsáveis pela sua compartimentação. Durante o Jurássico médio, o eixo da distensão intracontinental migra para oeste do *horst* das Berlengas onde se dará a ruptura definitiva da crosta e a abertura do oceano Atlântico, passando a Bacia a constituir uma bacia interna, desenvolvida sob mar epicontinental, com distensão atenuada (Ribeiro 2006a, Kullberg et al 2006a).

Os vários episódios de *rifting* envolvidos no processo de abertura do oceano Atlântico foram acompanhados de magmatismo. Segundo Martins (1991, citado por Ribeiro 2006a), a actividade ígnea ocorreu em 3 ciclos: o primeiro, de natureza subalcalina, corresponde a magmas que deram origem aos toleítos continentais intercalados nos evaporitos e a diques instalados no soco Varisco que atravessam quase todo o Maciço Hespérico; o segundo, de natureza alcalina transicional, corresponde a basaltos em diques e estruturas cilíndricas (*neck*) de doleritos, gabros e dioritos; o terceiro ciclo, o mais recente, é de natureza alcalina e encontra-se representado por três maciços subvulcânicos, Sintra, Sines e Monchique, contemporâneos do Complexo Vulcânico de Lisboa, possivelmente de idade Cretácica superior (Ribeiro 2006a).

Este último ciclo tem expressão no Maciço Eruptivo de Sintra, predominando os granitos, os sienitos e os gabros no interior do maciço e um conjunto filoniano periférico intruído no encaixante. As rochas metamórficas, resultantes do metamorfismo de contacto, estão presentes na orla do maciço, assim como, o Complexo Vulcânico de Lisboa, composto essencialmente por basaltos em escoadas, com intercalações de piroclastos. Embora a erosão já tenha destruído os cones vulcânicos e grande parte da morfologia original, há evidências da presença de um elevado número de chaminés, diques e algumas soleiras nesta região (Kullberg et al 2006b).

A Bacia Lusitaniana continua a sua evolução no Cenozóico, agora determinada pela inversão das Cadeias Alpinas. Apesar de Portugal se situar fora do domínio intenso da inversão alpina sofreu, também, os seus efeitos, embora a longa distância. As tensões geradas pela compressão alpina propagaram-se no interior da Ibéria fazendo-se sentir a vários níveis estruturais. Assim, onde o complexo evaporítico é espesso, Bacia Lusitaniana e Algarvia, a cobertura descolou do Soco Varisco gerando-se diferentes estruturas entre as quais os cavalgamentos na margem Oeste, orientados ENE-WSW [Boa Viagem, Nazaré-Pombal, Serra da Arrábida] (Ribeiro 2006a). É de salientar a Cadeia da Arrábida como a estrutura morfotectónica mais ocidental do orógeno alpino, na área emersa da placa euroasiática, sector sul da Bacia Lusitaniana (Kullberg et al 2006b).

4. Locais com interesse científico e didáctico para actividades práticas de campo

4.1. Breve roteiro com interesse científico e didáctico

No âmbito do mestrado foram realizadas actividades de campo em vários locais de Portugal Continental. Estas actividades tinham como finalidade a prossecução dos objectivos específicos das disciplinas e a avaliação do interesse científico e didáctico de cada um dos locais na perspectiva do trabalho de campo com alunos do ensino secundário.

Foi objecto de estudo a região sul de Portugal Continental - na qual se integram as zonas Ossa Morena, Sul Portuguesa e o ramo sul da Orla Ocidental - e feito o levantamento de um conjunto de regiões e locais que reúnem as condições definidas para a realização de actividades de campo (Figura 4.1).

A **costa vicentina**, localizada na zona SW de Portugal Continental, é uma zona onde afloram formações de idade paleozóica que evidenciam a deformação varisca. Nesta região foram visitadas várias praias e desenvolvido trabalho de campo nas praias de Almogrove, Telheiro e Ponta Ruiva.

O **complexo vulcânico de Lisboa, o maciço ígneo de Sintra e Sines** integraram também o roteiro por constituírem excelentes locais onde se podem observar estruturas e litologias associadas ao magmatismo e metamorfismo. Por outro lado, a sua proximidade a ambientes sedimentares, **Guincho, Praia da Bafureira, Praia Grande e Praia do Norte**, permite itinerários abrangentes dos três ambientes: ígneos, metamórficos e sedimentares.

Junto ao **Cristo-Rei**, na encosta que dá acesso ao rio Tejo, os afloramentos do Miocénico constituem um excelente local onde podem ser estudados conceitos estratigráficos e paleontológicos. **Sesimbra e Arrábida**, locais situados na península de Setúbal e, também, incluídos na Orla Ocidental, foram igualmente percorridos e observadas as suas principais estruturas e litologias. Salienta-se a estrutura diapírica, sobre a qual foi construída a vila de Sesimbra, a gesseira de Santana e a pedreira na Serra da Arrábida, onde se explorou a brecha da Arrábida.

A sul foram desenvolvidas actividades em formações incluídas na Zona Sul Portuguesa, mais concretamente em terrenos da Faixa Piritosa Ibérica, tais como, o anticlinal do **Pomarão** e a **Mina de São Domingos**, onde o impacto ambiental ligado à actividade mineira continua a ser uma realidade.

Na Zona Ossa Morena foram desenvolvidos trabalhos na região de **Barrancos** e em vários locais do **maciço de Évora**.

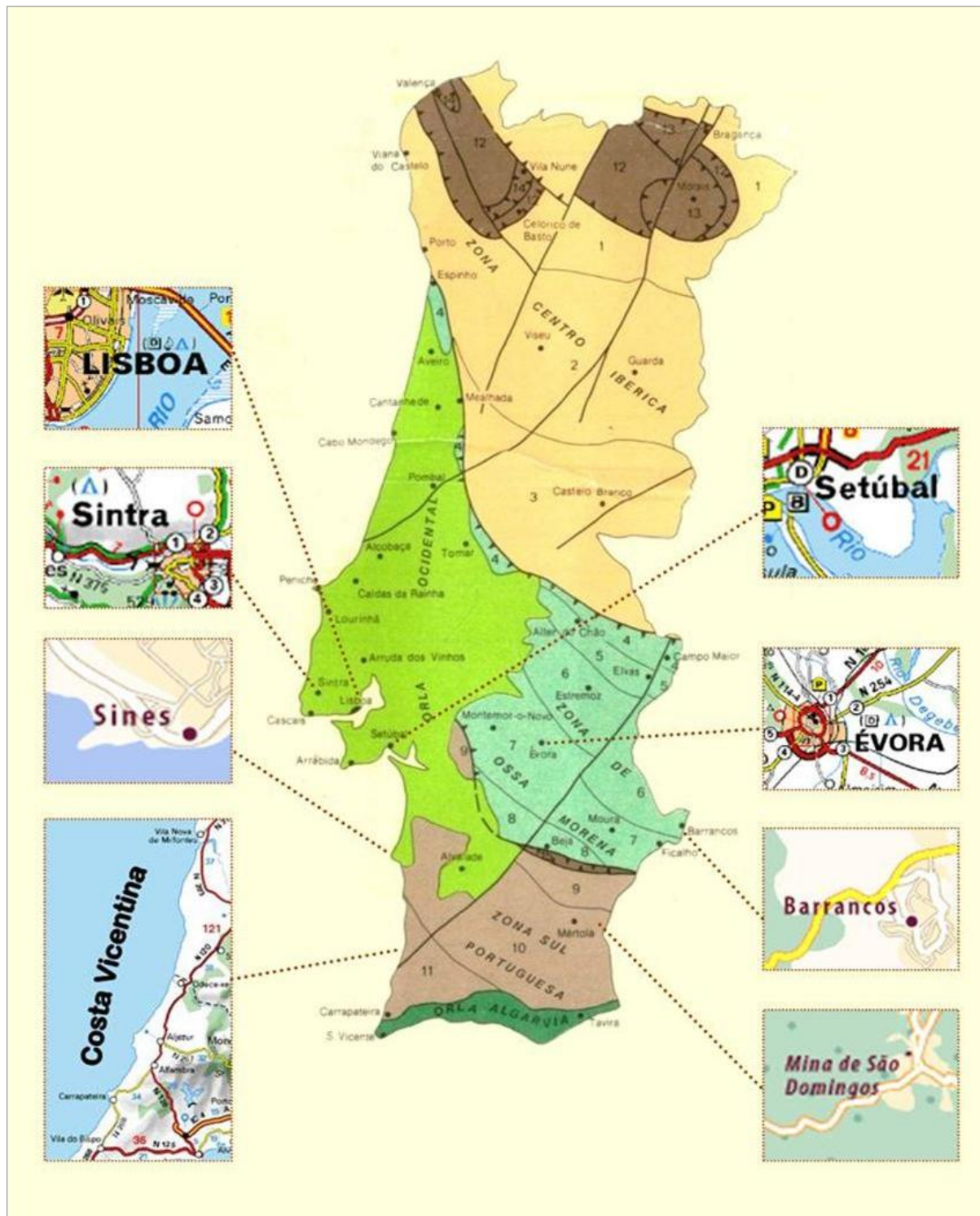


Figura 4.1 – Regiões e locais de interesse científico e didático para a realização de actividades de campo

(Adaptado de esquema tectono-estratigráfico, Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000, Serviços Geológicos de Portugal, 5ª edição, 1992)

4.2. Costa Vicentina: Almogrove, Telheiro e Ponta Ruiva

Na Costa Vicentina, designação frequente da zona SW de Portugal Continental, encontram-se várias praias cuja beleza ímpar está relacionada com a riqueza geológica da região. Apesar do interesse didático e científico do local devem ser acauteladas regras de segurança, pois, algumas das arribas e locais incluídos no corte a realizar ao longo das praias podem ser perigosos.

Nas praias de Almogrove (Figura 4.2), Ponta Ruiva e Telheiro (Figura 4.3) os afloramentos mais antigos de Idade Paleozóica pertencem ao Grupo do *Flysch* do Baixo Alentejo, uma das unidades litostratigráficas da Zona Sul Portuguesa. A sua génese está ligada a um processo de sedimentação detrítica profunda, do tipo turbidítico, ocorrida durante o Carbónico.

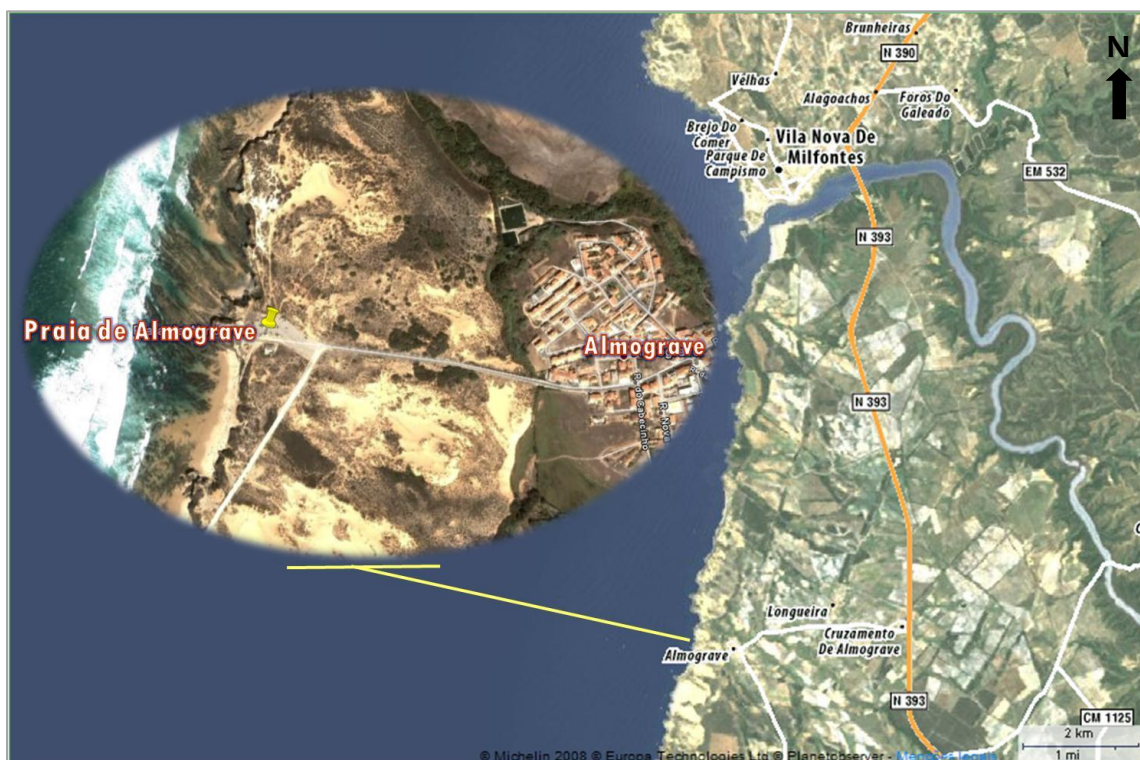


Figura 4.2 – Praia de Almogrove

As sequências flyschóides, presentes em toda a região do litoral Sudoeste, apresentam-se bastante deformadas, consequência do regime compressivo associado à Orogenia Varisca que culminou com a formação da Pangeia (Dias et al 2000).

Os aspectos estratigráficos e a diversidade de estruturas, nomeadamente, as dobras e as falhas, constituem pontos importantes a integrar em actividades de campo no âmbito do programa de Biologia e Geologia de 11º ano.



Figura 4.3 – Praias de Ponta Ruiva e Telheiro

4.2.1. Praia de Almogrove

Coordenadas: 37° 4' 46,86" N - 8° 48' 12,36" W

Na região predominam as formações sequenciais de pelitos e grauvaques bastante deformadas (figura 4.4) pela orogenia Varisca (Dias et al 2000).

A sua génese reflecte um ambiente de talude continental onde se depositaram sedimentos marinhos de diferentes granulometrias. A estratificação é bem evidente, identificando-se, facilmente, as bancadas grauvacóides alternadas com bancadas pelíticas muito deformadas (figura 4.4). A natureza litológica dos estratos determinou uma resposta diferenciada relativamente às tensões sobre eles exercidas, bastante notório nalgumas estruturas presentes nesta praia.



Figura 4.4 - Praia de Almogrove: sinforma e antifformas

4.2.2. Praia do Telheiro

Coordenadas: 37° 4' 12,69" N - 8° 57' 45,16" W

Na zona do Telheiro é bem visível a discordância que separa o soco Paleozóico do Triásico (figura 4.5). A superfície de contacto entre as duas unidades litostratigráficas corta a superfície de estratificação da formação paleozóica.

Neste afloramento observa-se a formação subjacente deformada pela compressão varisca que levou estes estratos a dobrarem e bascularem para SW. Simultaneamente esta unidade foi cortada por acção erosiva. Um novo episódio sedimentar terá sido responsável pela deposição de sedimentos de natureza continental que constituem os arenitos vermelhos.

Esta unidade suprajacente, de idade Triásica, apresenta estratificação sub-horizontal ou ligeiramente inclinada para SE (até 20°) e está associada aos estados precoces da abertura do Atlântico (Terrinha 1998).



Figura 4.5 - Ponta do Telheiro: discordância angular (a vermelho) entre pelitos e grauvaques do Carbónico e arenitos vermelhos do Triásico

4.2.3. Praia da Ponta Ruiva

Coordenadas: 37° 4' 12,69"N - 8° 57' 45,18" W

Nesta praia pode observar-se um conjunto de falhas, de componente normal, associado ao processo de *rifting* intracontinental que conduziu à abertura do Oceano Atlântico.

Este conjunto de falhas corta, em parte, os arenitos do Triásico, sendo os seus primeiros movimentos contemporâneos da sedimentação e, localmente, controlam também pequenas bacias, nas quais se encontram sedimentos detríticos, de fácies continental (figura 4.6-A).

A penecontemporaneidade entre a tectónica distensiva e a sedimentação é demonstrada pelo facto dos sedimentos que preencheram estas pequenas bacias estarem afectados por um conjunto de pequenas falhas, de componente normal (figura 4.6-B), que vão sendo fossilizadas por sedimentos mais recentes (Terrinha 1998).



Figura 4.6 – Depósitos sedimentares triásicos (A) e falhas de componente normal (B)

4.3. Complexo Vulcânico de Lisboa e os maciços ígneos de Sintra e de Sines

No magmatismo da região de Lisboa encontram-se duas entidades distintas: o Complexo Vulcânico de Lisboa (CVL) e o Maciço Eruptivo de Sintra (MES). São acontecimentos geológicos que ocorreram pouco espaçados no tempo, durante o Mesozóico, e ambos são relacionados com a tectónica distensiva associada à abertura e desenvolvimento do Atlântico.

A afinidade geoquímica existente entre o MES e os Maciços Eruptivos de Sines e Monchique, a sua contemporaneidade e o seu alinhamento tectónico são dados que permitiram relacioná-los com a abertura do oceano Atlântico (Ribeiro e Ramalho 1997).

4.3.1. Complexo Vulcânico de Lisboa

No Complexo Vulcânico de Lisboa, instalado há cerca de 72 M.a. (Palácios 1985), há evidências da presença de um elevado número de chaminés, diques e algumas soleiras, apesar da erosão já ter destruído muitas dessas estruturas (figura 4.7).

O CVL é composto essencialmente por basaltos em escoadas, com intercalações de camadas de piroclastos e brechas sendo constituído, também, por riólitos, traquitos, traquibasaltos e gabros (Palácios 1985). Em Fanhões, na margem da ribeira à entrada da localidade, são visíveis as escoadas basálticas que alternam com níveis de tufos vulcânicos e piroclastos (figura 4.8).

O vulcanismo nesta região parece ter sido do tipo central e ocorrido de forma descontínua com emissões explosivas seguidas de fases efusivas. Entre as várias fases de erupção parece ter havido períodos calmos com duração suficiente para que ocorresse erosão. A presença de paleossolos mostra que os edifícios vulcânicos não foram construídos de forma contínua. Estes surgem sempre fossilizados por tufo e, raramente, por mantos de basaltos, o que confirma que os piroclastos se originaram apenas durante a abertura das condutas, passando depois a emissão a ser efusiva (Palácios 1985, Serralheiro 1999).

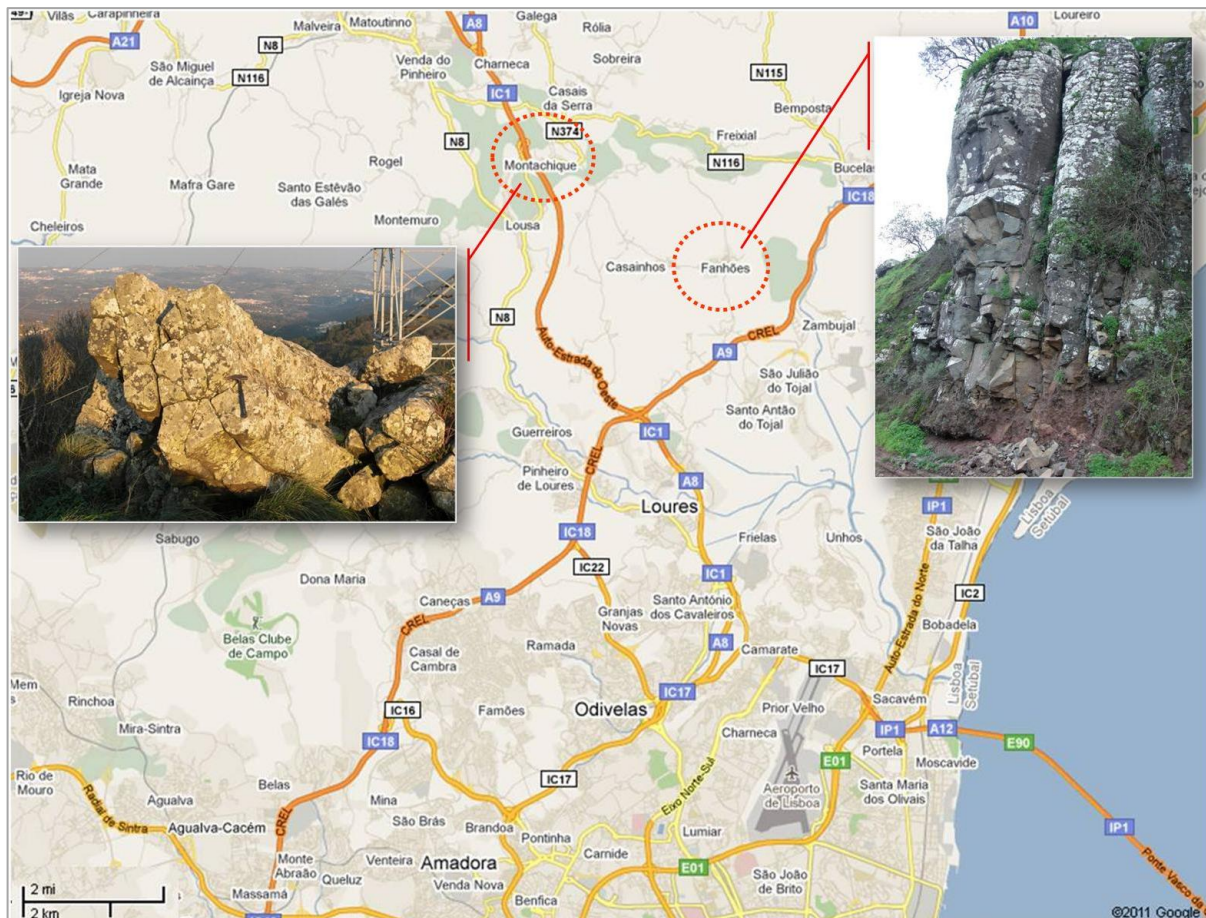


Figura 4.7 – Localização de Fanhões e Montachique

Para o magma deste Complexo é indicado um quimismo alcalino em que o magma inicial, de origem mantélica, terá sido sujeito a cristalização fraccionada (Ribeiro e Ramalho 1997).

A dimensão da área coberta pelos derrames basálticos e a sua assimetria implica a presença de vários centros eruptivos. Os estudos realizados mostram que os principais centros se situam na zona compreendida entre Cheleiros e Montachique. Outras elevações topográficas destacam-se na paisagem, entre as quais o Penedo de Lexim, o Cabeço de Montachique e a Serra do Funchal,

considerada o principal aparelho vulcânico responsável pela maioria dos derrames que actualmente formam o complexo basáltico de Lisboa.

Os derrames de lava assentam directamente sobre os calcários margosos e sobre calcários recifais datados do Cenomaniano, Cretácico superior, e estão subjacentes aos depósitos conglomeráticos do Paleogénico, designados por Complexo de Benfica (Serralheiro 1999).



Figura 4.8 – Ribeira de Fanhões: bancada de escoadas basálticas que alternam com níveis de tufos vulcânicos e piroclastos¹

Em alguns afloramentos que correspondem a antigas chaminés vulcânicas encontra-se disjunção colunar. Montachique e Lexim são dois afloramentos onde esta estrutura se pode observar no material magmático solidificado no interior da chaminé vulcânica (figura 4.9). Após a acção dos agentes erosivos foi desmantelado o aparelho vulcânico e restou preservada a chaminé.

¹ As escoadas de lava basáltica, os tufos vulcânicos e os piroclastos são visíveis nas rochas que constituem o leito da ribeira de Fanhões, do lado W, à entrada da localidade. Nalguns locais, as escoadas de lava basáltica têm vários metros de espessura e apresentam disjunção prismática.



Figura 4.9 – Disjunção prismática na antiga chaminé vulcânica de Montachique

Nas chaminés vulcânicas de Montachique e Lexim observa-se, com facilidade, a disjunção prismática, materializada em estruturas prismáticas de secção aproximadamente hexagonal (figura 4.9). A causa que determina a formação deste tipo de estrutura está relacionada com a contracção térmica dos materiais ígneos provocada pelo seu arrefecimento (Brilha et al 1998).

A disjunção ocorre numa fase posterior, durante o processo de arrefecimento, em que a tensão resultante da contracção térmica ultrapassa a capacidade de resistência da rocha à tracção induzindo a fracturação (Brilha 1997, Brilha et al 1998).

O estudo realizado por Brilha (Brilha 1997) na chaminé vulcânica de Lexim indica que o processo de cristalização que conduziu à formação deste tipo de estruturas prismáticas foi condicionado pelo arrefecimento a uma profundidade de 2000m.

A presença de fenocristais de olivina e piroxena no seio de uma matriz microcristalina indica dois tempos de cristalização (figura 4.10). Um lento, ocorrido em profundidade que permitiu o desenvolvimento dos fenocristais e, outro, rápido, contemporâneo da ascensão da lava na conduta, não dando tempo a que os minerais que constituem a matriz se desenvolvessem.



Figura 4.10 – Ribeira de Fanhões: fenocristais de olivina alterados no seio de uma matriz microcristalina

4.3.2. O Maciço Eruptivo de Sintra

O maciço eruptivo de Sintra (figura 4.11) apresenta uma forma elipsoidal, com eixo maior no sentido E-W, com comprimento de 10 km e largura de 5 km. A sua instalação ocorreu no final do Cretácico, cortando uma estrutura formada por camadas de rochas sedimentares depositadas em ambiente de plataforma carbonatada durante o Jurássico Superior (Aires-Barros 1979, Kulberg e Machado 2006).

A fusão dos materiais rochosos que deram origem ao magma terá ocorrido ao nível do manto e a sua ascensão na crosta terá sido facilitada pela existência de um sistema de falhas associadas ao processo de abertura do Oceano Atlântico.

Na sua deslocação até próximo da superfície, onde se imobilizou, o corpo magmático que constitui o maciço subvulcânico de Sintra atravessou o soco hercínico e os sedimentos mesozóicos que o cobriam. Durante esta fase ocorreu assimilação e diferenciação magmática da qual resultou a diversidade petrográfica que encontramos na região.

Assim, nas rochas ígneas constituintes do MES podem encontrar-se diferentes composições, que vão desde as rochas ácidas, o granito e o sienito até às básicas e intermédias, o gabro-diorito e o mafraíto. A estas litologias juntam-se as brechas ígneas localizadas, sobretudo, no interior do

núcleo sienítico ou nos seus contactos e uma rede de filões de natureza diversa e divergente a partir do centro magmático e que se estende por toda a região associada às rochas ígneas e às rochas sedimentares encaixantes (Galopim de Carvalho 2002, Ribeiro e Ramalho 1997).



Figura 4.11 – Maciço Eruptivo de Sintra

As rochas distribuem-se numa estrutura anelar em que o núcleo de natureza sienítica se encontra envolvido por um largo anel granítico separado, a sul, por um anel descontínuo de rochas gabro-dioríticas. Estas rochas encontram-se também a N e a W em torno do sienito. A norte, o granito contacta com o encaixante sedimentar (figura 4.12).

O maciço deve ter atingido a superfície e, por consequência, ter sido exposto aos efeitos erosivos durante o Paleogénico, uma vez que os produtos da sua erosão passam a integrar o Complexo de Benfica, formação datada do Paleogénico.

A instalação do maciço, vergente para Norte, afectou as rochas sedimentares encaixantes provocando a sua deformação e metamorfização. Como consequência da deformação formou-se um sinclinal anelar que circunda o MES onde se pode observar a inclinação assimétrica das camadas cretácicas (figura 4.13), verticalizadas no flanco Norte e pouco inclinadas a sul (Ribeiro e Ramalho 1997). Para além da deformação causada pela instalação do maciço ígneo, também, a compressão bética acentuou a assimetria destas camadas.



Figura 4.12 - Mapa Geológico do Maciço Eruptivo de Sintra²
(Martins et al 2010)

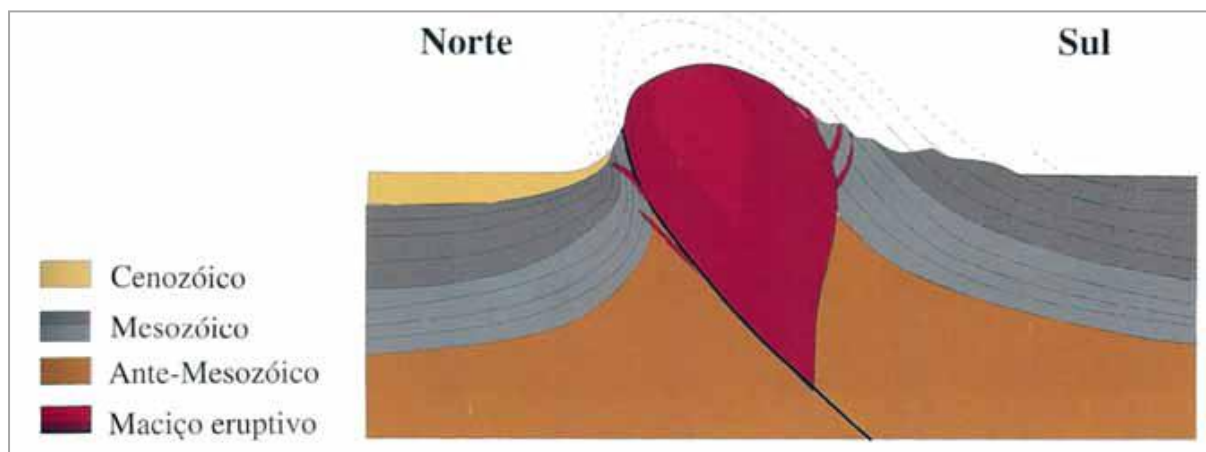


Figura 4.13 - Corte esquemático das estruturas induzidas pelo MES³
(Ribeiro e Ramalho 1997)

² Mapa Geológico do Maciço Eruptivo de Sintra simplificado da carta geológica de Portugal, na escala 1:50 000, folha 34 A - Sintra e 34C - Cascais. Na carta é evidente a estrutura anelar do MES.

³ Anticlinal assimétrico e sinclinal anelar evidenciando a inclinação diferente das camadas a norte e a sul. Falha que facilitou a ascensão do MES.

4.3.3. O Maciço Eruptivo de Sines

Tal como o Maciço de Sintra, as formações eruptivas em Sines apresentam uma estrutura anelar com uma extensão aproximada de 5 x 2,3 Km, na parte emersa, abrangendo no total uma área, em forma de arco convexo para SW com a orientação do eixo maior WNW, com 12 x 3,5 Km. Forma um domo pouco elevado que se encontra parcialmente coberto por dunas (figura 4.14).

A Norte contacta com os calcários do Jurássico e a Sul com xistos de idade carbónica, originando uma orla de rochas metamorfizadas pelo contacto com a intrusão ígnea. A sua idade absoluta é de 72 ± 3 M.A. (Canilho 1989) o que, à semelhança do MES, o situa no Cretácico superior.

As rochas que constituem o maciço de Sines são gabros, dioritos e sienitos. Estes últimos encontram-se rodeados a ocidente por gabros, do lado do mar por basaltos e a oriente por uma zona gabrodiorítica. Estas rochas são cortadas por numerosíssimos filões cuja rede tem como direcções preferenciais o N-S e o E-W (Aires-Barros 1979, Costa 2000).



Figura 4.14 – Maciço Eruptivo de Sines

As rochas gabro-dioríticas são as mais abundantes no maciço. Nos gabros, a grande abundância de minerais máficos, como a piroxena, a anfíbola, a biotite e os minerais opacos, conferem à rocha a cor escura – rocha melanocrata.

Os dioritos - rochas mesocráticas e, por vezes, meso-melanocráticas - são ricos em biotite, apresentam minerais opacos e textura granular de grão médio a grosseiro.

Os sienitos têm cor cinzenta clara, o grão é médio a grosseiro e, por vezes, são porfiróides. Caracterizam-se pela presença de feldspatos alcalinos e de plagioclase do grupo de albite-oligoclase. Como minerais acessórios, encontra-se a biotite, apatite, minerais opacos, epídoto, esfena e algum quartzo. Estas rochas são cortadas por brechas eruptivas que ocupam uma grande extensão e são constituídas por elementos de grandes dimensões dispersos em cimento microbrechóide.

Todo o maciço é atravessado por densa rede de filões (figura 4.15) de natureza petrográfica diversa, tais como, traquitos, traquibasaltos, microsienitos, microdioritos, basaltos, dioritos, lamprófios (Canilho 1989).



Figura 4.15 – Rede de filões básicos e ácidos que cortam em vários sentidos as formações

4.4. Praias da Bafureira, Cresmina, Guincho, Adraga e Grande do Rodízio, em Sintra, e Praia do Norte, em Sines

Estas praias constituem bons locais para desenvolver actividades de campo com alunos do ensino secundário, não só pela sua riqueza estratigráfica, litológica e paleontológica mas, também, pela sua fácil acessibilidade. A sua proximidade aos maciços eruptivos de Sintra e Sines e ao complexo vulcânico de Lisboa justifica a presença de rochas metamórficas resultantes do metamorfismo de contacto das rochas sedimentares, para além das litologias sedimentares frequentes em ambiente de praia. Tal facto, permite atingir um maior número e diversidade de objectivos curriculares numa só saída ao campo.

As referidas praias inserem-se no sector sul da Bacia Lusitaniana e na Bacia de Santiago do Cacém (Praia do Norte), onde a intensa sedimentação ocorrida durante o Jurássico e Cretácico formou as rochas predominantes nesta região, nas quais abundam as camadas fossilíferas.

Também as oscilações do nível do mar, verificadas durante estes períodos, estão registadas nas sequências litológicas destas praias sendo facilmente observadas.

4.4.1. Praia da Bafureira

Coordenadas: 38° 41'29,99''N - 9°21'56,86''W

A praia da Bafureira situa-se na região de Lisboa-Cascais (figura 4.16) e encontra-se cartografada na folha 34-C da carta geológica de Portugal, à escala 1/50.000.

Nesta praia observam-se formações cretácicas com estratificação sub-horizontal constituídas, na base, por níveis de arenitos com matriz carbonatada onde se podem encontrar fósseis indicadores de ambiente marinho pouco profundo e de águas calmas. Um ambiente sedimentar com este tipo de características possibilita o registo da actividade dos seres vivos nos materiais em deposição, designando-se este registo por bioturbação (figura 4.17-D).

Outras estruturas sedimentares com interesse didáctico podem ser aqui observadas como, por exemplo, figuras de carga, escorregamentos (*slumping*) e estratificação cruzada (figura 4.17-B e 4.17-C).

Nalguns locais é possível observar a diminuição granulométrica nos arenitos e a presença de leitos de carvão. Nos níveis superiores da pequena arribas da praia podem ser observados calcários boudinados resultantes do campo de tensões distensivo a que estas rochas estiveram sujeitas (figura 4.17-A).



Figura 4.16 – Praia da Bafureira

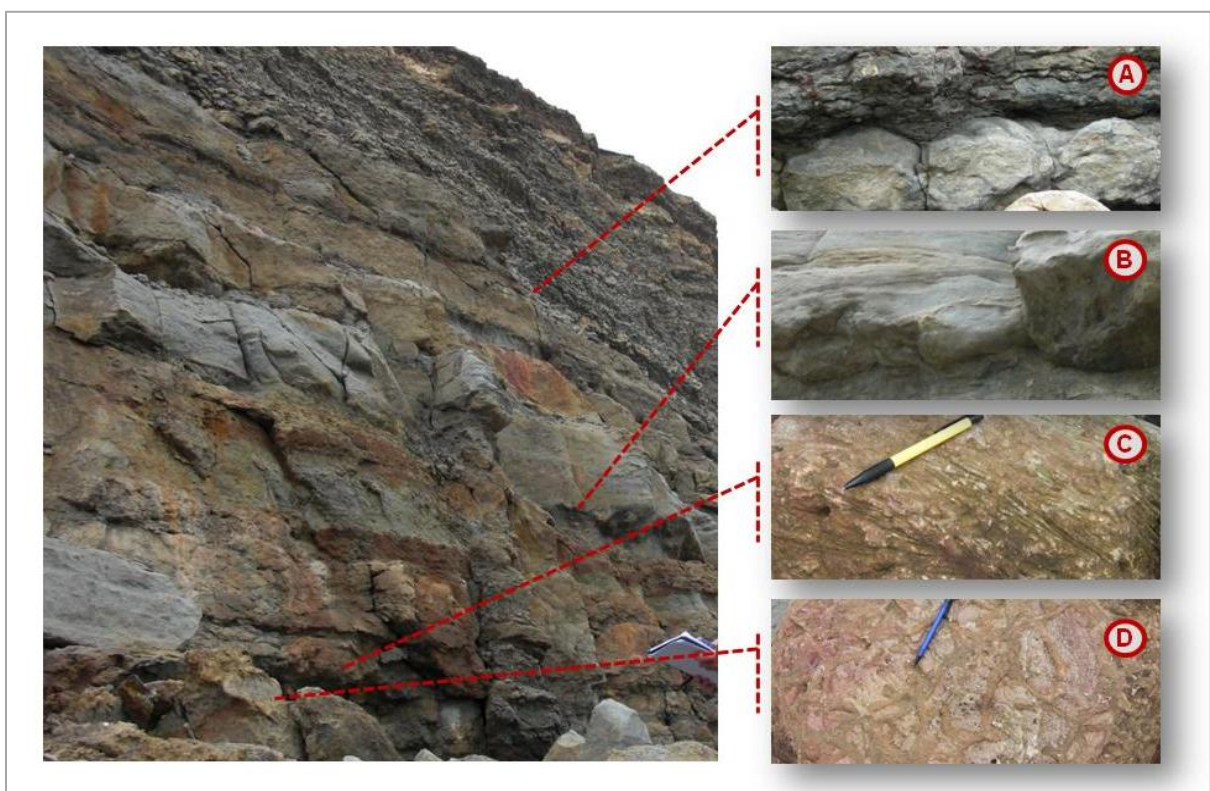


Figura 4.17 – Praia da Bafureira: calcários boudinados (A), figuras de carga na base do estrato (B), estratificação cruzada (C) e pistas (D)

O Complexo Vulcânico de Lisboa também está presente entre as litologias desta praia com filões máficos. As várias rochas sedimentares que aqui se encontram evidenciam a ocorrência de um episódio transgressivo, no qual se verificou a passagem de um ambiente estuarino, evidenciado pela presença de arenitos com carvão, para um ambiente marinho de águas pouco profundas, evidenciado pela presença de arenitos com fósseis, ao qual se seguiu um ambiente de águas mais profundas onde se terão depositado os calcários.

Aspectos de natureza tectónica, também podem ser observados neste local através de uma falha que corta as formações cretácicas. Junto à falha é bem visível a acumulação de materiais resultantes do seu movimento – depósito de falha.

4.4.2. Praia da Cresmina/Guincho

Coordenadas: 38° 43' 54.68''N - 9° 28' 22.70''W

As praias da Cresmina e do Guincho localizam-se na península de Lisboa, a sul do maciço eruptivo de Sintra e integram o Parque Natural de Sintra-Cascais (figura 4.18).



Figura 4.18 – Praias da Cresmina e do Guincho

Sendo duas praias contíguas não existem alterações significativas nas suas litologias. São constituídas por rochas sedimentares, calcários, margas e arenitos de idade cretácica, interceptadas, nalguns locais, por filões ígneos. Existem também algumas rochas metamórficas resultantes do metamorfismo de contacto entre o material ígneo e o encaixante sedimentar interceptado. Quando a maré está baixa é possível observar, a meio da praia do Guincho, um afloramento basáltico correspondente a uma das chaminés do complexo vulcânico de Lisboa.

Junto à estrada encontra-se um conjunto de dunas costeiras, estruturas geológicas importantes na protecção dos terrenos contra a invasão do mar. Estas dunas fazem parte do sistema dunar Guincho-Oitavos.

Na praia da Cresmina, junto ao Forte, observa-se um campo de lapiás resultante da erosão cársica do calcário (figura 4.19). Esta litologia faz parte de uma sequência sedimentar designada por “Camadas de Almargem”, constituída por arenitos, argilitos e calcários com orbitolinas. O conteúdo fossilífero destas rochas é bastante diversificado. Para além dos foraminíferos bentónicos do género *Orbitolina* também os rudistas e corais abundam e podem ser observados com facilidade nos calcários (figura 4.20). A presença destes fósseis de fácies assume grande interesse na medida em que tratando-se de restos de seres vivos que viveram em águas pouco profundas nos fornecem importantes indicações paleoambientais.



Figura 4.19 – Praia da Cresmina: erosão cársica nos calcários

As várias litologias que se encontram nas arribas ao longo da praia e o seu conteúdo fossilífero evidenciam uma regressão marinha: por cima das bancadas de calcários fossilíferos, característicos de ambiente recifal, encontram-se os arenitos de grão fino e de grão grosseiro, por vezes com intercalações de matéria orgânica, reflectindo um ambiente lacustre (figura 4.21).

A sequência inversa, indicadora de transgressão marinha, também está visível nesta praia, representada na passagem de arenitos a arenitos mais carbonatados seguidos de calcários.

As formações cretácicas que constituem estas praias fazem parte de uma estrutura em sinclinal, cujo eixo se situa, sensivelmente, a meio da praia do Guincho, facto que se pode inferir através das diferentes inclinações da estratificação a norte e a sul deste eixo. No flanco sul do sinclinal a estratificação inclina cerca de 20° para Norte, invertendo o sentido a partir do eixo onde as camadas passam a inclinar para sul.

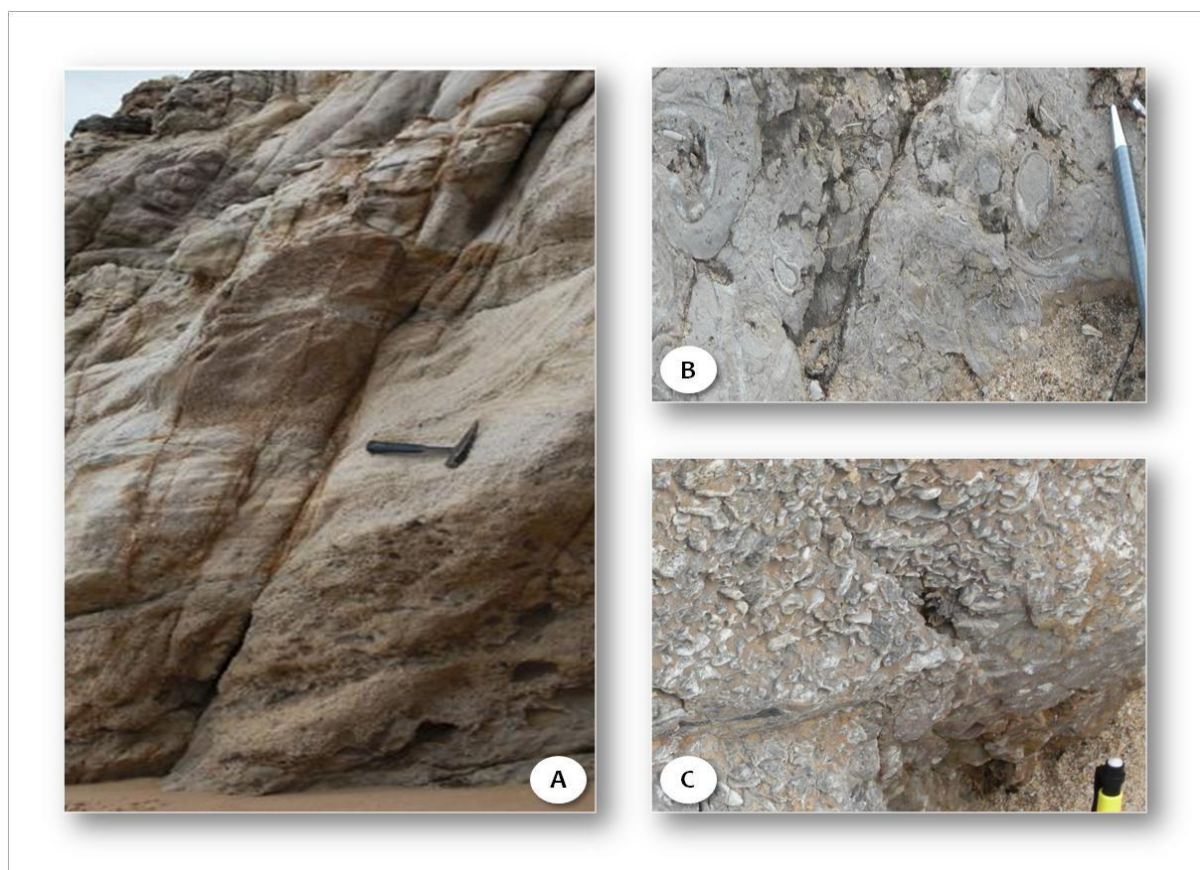


Figura 4.20 – Praia da Cresmina: arenitos (A), calcários com ostreídeos (B) e calcários com *Orbitolinas* (C)

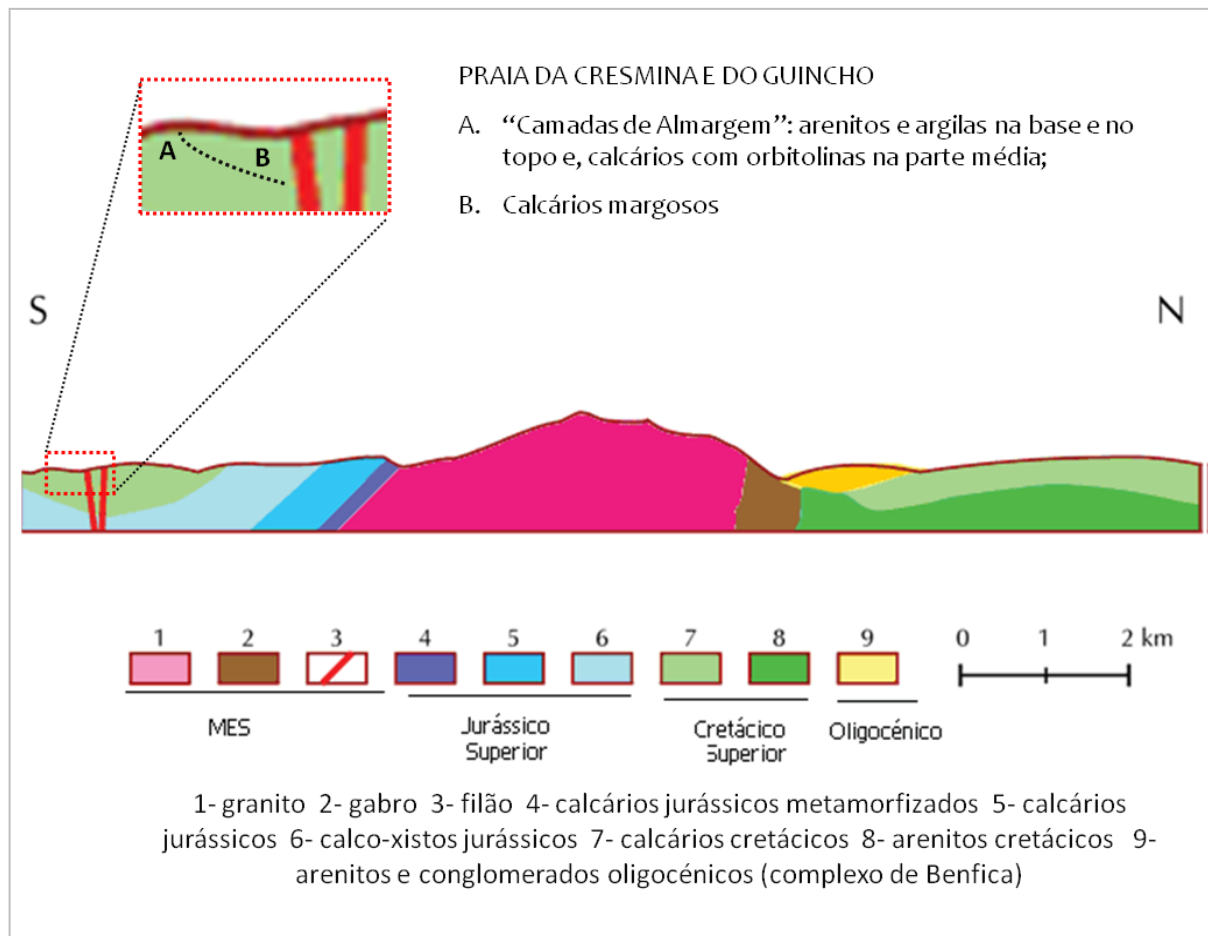


Figura 4.21 – Corte geológico simplificado do Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente
 (Adaptado de Martins et al 2010)

4.4.3. Praia da Adraga

Coordenadas: 38° 48' 13.62"N - 9° 29' 5.20"W

Situa-se a noroeste do Maciço Eruptivo de Sintra (MES), imediatamente a Norte da zona contacto, sendo bastante evidente nas rochas da praia os efeitos da sua proximidade ao MES (figura 4.22).

Afloram rochas do Jurássico superior que sofreram metamorfismo no contacto com a massa ígnea. Estas rochas são os calcários cristalinos, designados por Calcários de S. Pedro e, os calcários compactos, de cor cinzenta escura com bandas mais claras, conhecidos por Xistos do Ramalhão.



Figura 4.22 – Praia da Adraga e Praia Grande do Rodízio

Observam-se também bancadas de calcários nodulares que alternam com níveis de calcários compactos e margas de idade Jurássica. A sua cor é muito escura e na base de algumas bancadas é bastante notória a bioturbação (figura 4.23).

O conteúdo fóssilífero é abundante apesar das rochas se encontrarem metamorfizadas. Encontram-se gastrópodes, rudistas, ostreídeos, entre outros.

A cortar estas formações encontram-se filões ígneos relacionados com a erupção ígnea de Sintra. Na areia da praia há zonas mais escuras devido à presença de magnetite resultante da erosão do MES.

Para além dos aspectos litológicos já referidos, a presença de estruturas geológicas, tais como, dobras e falhas, são outros aspectos com interesse didático que se podem observar nesta praia.

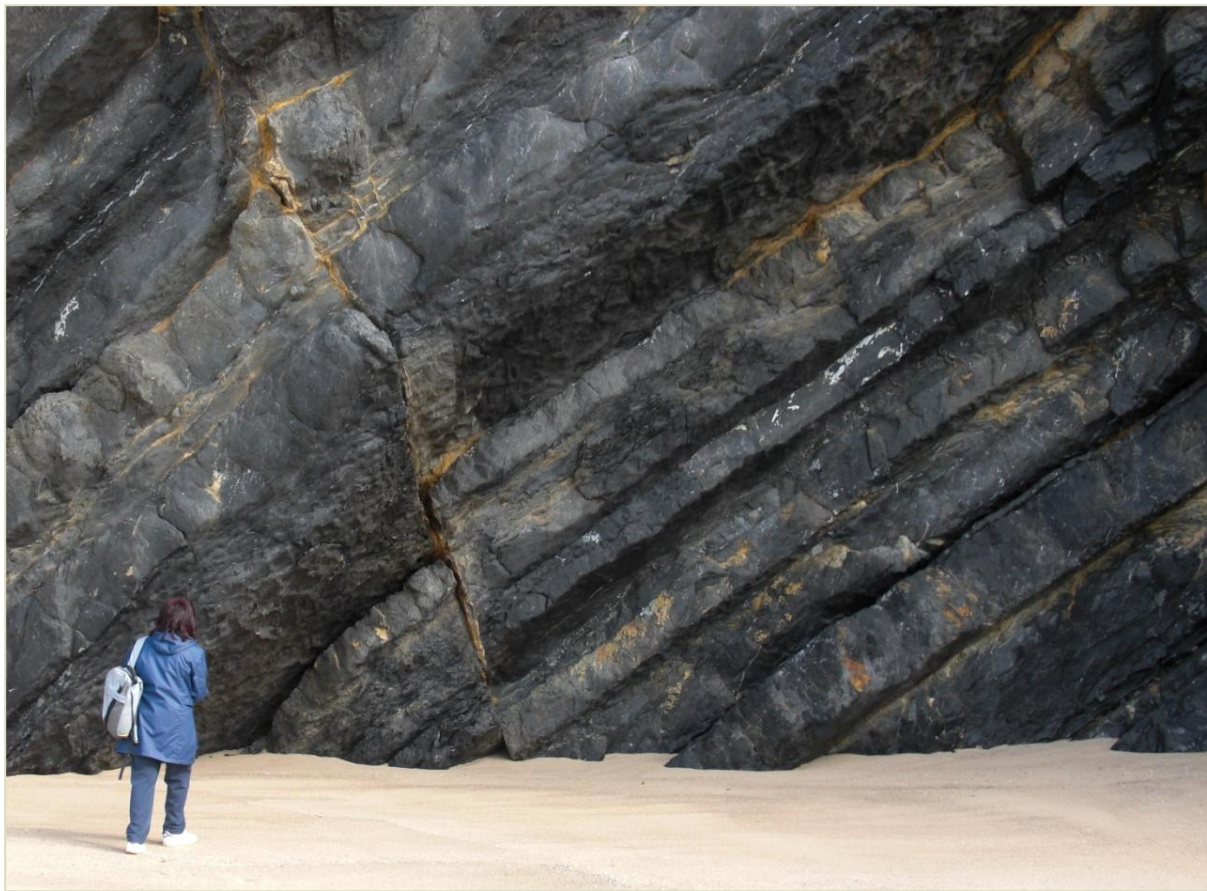


Figura 4.23 – Praia da Adraga: Calcários bioturbados e falha inversa

4.4.4. Praia Grande do Rodízio

Coordenadas: 38° 48' 53.07"N - 9° 28' 37.98"W

A Praia Grande situa-se a Noroeste do maciço eruptivo de Sintra, junto à Praia da Adraga e, tal como esta, integra a área de protecção do Parque Natural Sintra-Cascais (figura 4.22).

Os afloramentos são constituídos por estratos sedimentares do Cretácico inferior, bastante deformados pela instalação do MES. Esta sequência de estratos, designadas por “Camadas de Almargem”, é constituída por arenitos, argilas e calcários com orbitolinas (figura 4.24).

Nas bancadas de calcário que constituem a base desta sequência, quase verticalizada, observa-se um conjunto de pegadas de dinossauro (Ribeiro e Ramalho 1997).



Figura 4.24 – Praia Grande do Rodízio: Camadas de Almargem sub-verticais

Ao longo de um corte, no sentido sul-norte, iniciado na Praia da Adraga e continuado nesta praia, sobe-se na sequência estratigráfica do meso-cenozóico. Os estratos que constituem as “Camadas de Almargem” apresentam-se localmente invertidos e contactam, por cavalgamento, o Complexo de Benfica, formação de idade Paleogénica. Este complexo é, essencialmente, constituído por materiais de origem continental provenientes da erosão do relevo induzido pela instalação do MES, conglomerados de dimensões e naturezas diversas, aglutinados por uma matriz arenosa, cimentada por carbonato de cálcio.

4.4.5. Praia do Norte

Coordenadas: 37° 58' 10,72 N - 8° 52' 16,93" W

Situa-se a Norte do Maciço Eruptivo de Sines e insere-se na Bacia de Santiago do Cacém, uma das bacias que constituem a Orla Ocidental Portuguesa (figuras 4.14 e 4.25). O enquadramento geológico desta praia, determinado pela sua proximidade ao maciço ígneo, justifica a sua

semelhança com as praias que se encontram na proximidade do Maciço de Sintra, algumas delas abordadas neste trabalho.



Figura 4.25 – Praia do Norte, Sines

A instalação do Maciço deformou as formações calcárias do Jurássico que afloram nesta praia, apresentando a sua estratificação uma inclinação de, aproximadamente, 30° NE que se acentua com a aproximação à massa ígnea. A cobrir os calcários estão areias do Quaternário.

Outras estruturas, tais como, dobras e falhas são frequentes. Um conjunto de filões, com composição química diversificada, corta as rochas encaixantes metamorfizadas pelo contacto.

Embora esta praia constitua um local com interesse geológico e didático, a diversidade e clareza dos seus afloramentos é mais reduzida relativamente às que se encontram na zona de Sintra-Cascais, daí a opção por não apresentar nenhuma actividade prática de campo neste local.

4.5. Península de Setúbal: Cristo-rei, Sesimbra e Arrábida

A Península de Setúbal inclui-se no ramo sul da Orla Ocidental e é enquadrada por duas grandes bacias: a bacia do Tejo, a norte, e a bacia do Sado, a sul (figura 4.26).

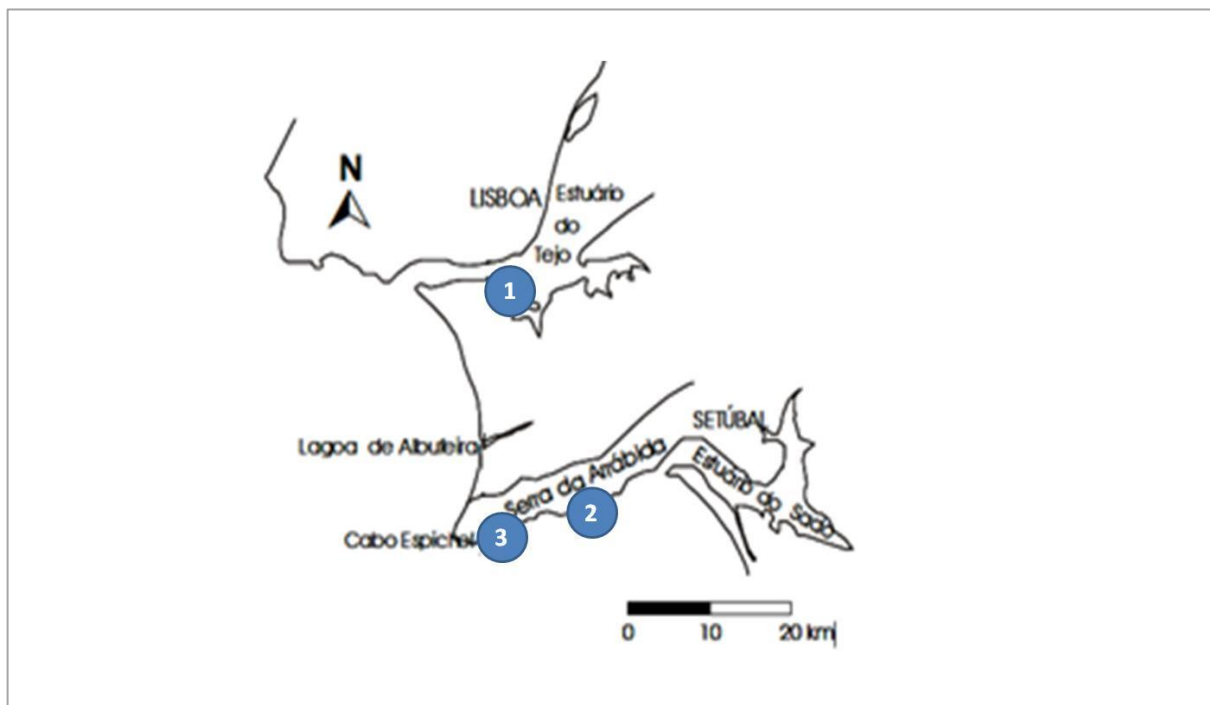


Figura 4.26 - Enquadramento da Península de Setúbal e localização do Cristo-rei (1), da Cadeia da Arrábida (2) e de Sesimbra (3)

(Adaptado de Andrade 1989, citado por Cruces et al 2002)

As formações geológicas que afloram nesta Península têm idades compreendidas entre o Mesozóico e o Cenozóico. Do ponto de vista geomorfológico salientam-se duas unidades fundamentais: o Sinclinal de Albufeira e a Cadeia da Arrábida.

O eixo do sinclinal localiza-se no alinhamento da lagoa de Albufeira, tem orientação E-W, situando-se o sinclinal desde o rio Tejo, situado a Norte, até à Cadeia da Arrábida, a Sul (figura 4.27).

A Cadeia da Arrábida é uma estrutura orogénica de pequena dimensão situada na extremidade meridional da Península de Setúbal. Os relevos que a constituem encontram-se alinhados segundo a direcção WSW-ENE ao longo de uma faixa com cerca de 35 km de extensão (Kullberg et al 2006b).

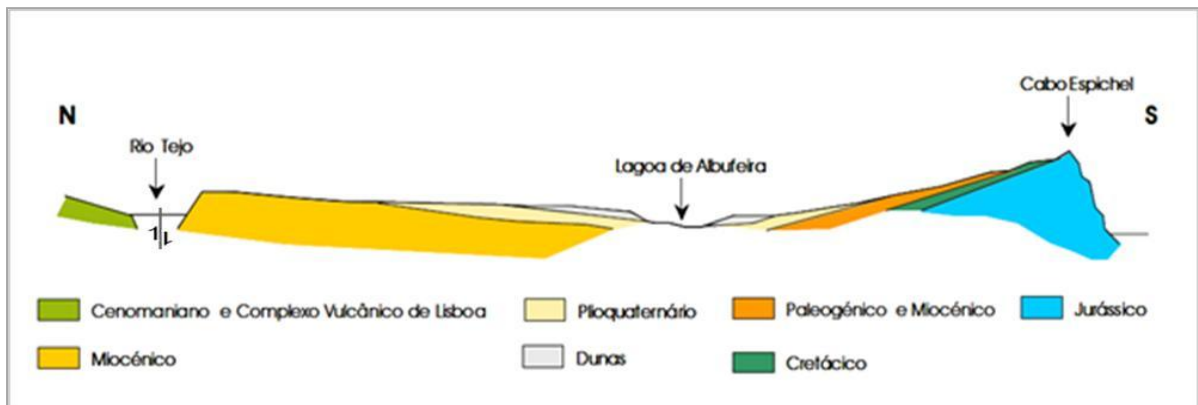


Figura 4.27 - Corte Geológico da Península de Setúbal
(Adaptado de Andrade 1989, citado por Cruces et al 2002)

Na península de Setúbal existem vários locais com interesse científico e didático, no entanto, no âmbito do mestrado a nossa análise centrou-se, apenas, em três locais: Cristo-Rei, Sesimbra e Pedreira da Brecha, na Serra da Arrábida (figura 4.28).



Figura 4.28 - Península de Setúbal: Cristo-rei, Sesimbra e Pedreira da Brecha

4.5.1. Cristo-Rei

Coordenadas: 38° 40'45,98" N - 9° 10'22,53" W

O Cristo-Rei situa-se no flanco norte do Sinclinal de Albufeira, junto ao rio Tejo (figura 4.28). As rochas que afloram neste local são predominantemente detríticas constituídas por arenitos com níveis de calcários margosos depositados no Miocénico. Estas rochas podem observar-se na arriba que dá acesso ao rio Tejo, seguindo pela estrada que liga o monumento do Cristo-Rei ao rio.

Ao longo deste percurso observa-se a alternância granulométrica nos arenitos que evidencia variações no nível do mar. A estratificação cruzada e algumas falhas são outras estruturas que se podem observar. Os calcários têm um conteúdo fossilífero abundante constituído por fósseis de fácies marinha, onde predominam os gastrópodes e bivalves (figura 4.29).



Figura 4.29 - Estratos com diferentes granulometrias: bioturbação (A), falha normal (B) e fósseis de gastrópodes (C)

4.5.2. Pedreira da Brecha, Cadeia da Arrábida

Coordenadas: 38° 27' 28,31" N - 9° 00' 38,21" W

A Cadeia da Arrábida é um conjunto de relevos que se estendem na direcção WSW-ENE, na zona sul da península de Setúbal.

A génese desta Cadeia está relacionada com a colisão entre as placas euroasiática e africana, na fase Bética da orogenia Alpina. A compressão resultante da colisão provocou o descolamento, facilitado pelo nível estratigráfico constituído por Margas da Dagorda, do qual resultou a deformação das camadas suprajacentes e, conseqüentemente, a formação da Cadeia da Arrábida (Kullberg et al 2006b).

A estrutura dos relevos que constituem a Cadeia da Arrábida é complexa e a sua identificação no campo exige um conjunto de pré-requisitos que ultrapassam o âmbito do ensino secundário. Nesta Cadeia, do ponto de vista litológico, predominam as rochas carbonatadas e margosas do Jurássico. Entre estas rochas salienta-se a “Brecha” da Arrábida, uma rocha que foi explorada com fins ornamentais na Pedreira, actualmente desactivada (figura 4.28).

Na Pedreira observam-se calcários brancos e uma brecha conglomerática constituída por clastos de natureza carbonatada, de dimensões variadas e de formas diversas, unidos por um cimento de natureza calco-argilosa e cor avermelhada (figura 4.30) (Ramalho 2007).

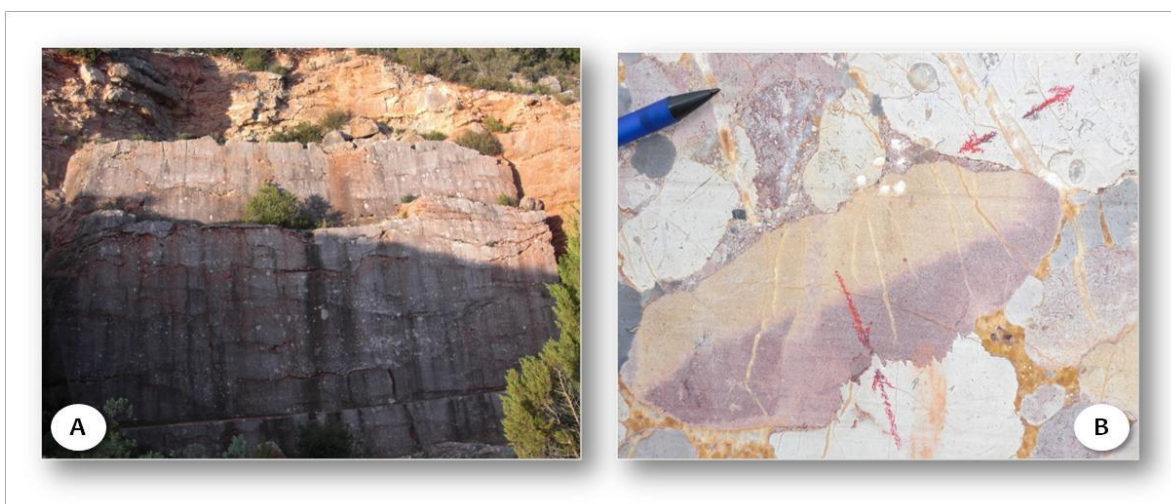


Figura 4.30 – Pedreira: contacto dos conglomerados com os calcários (A); estilólitos (B)

Os conglomerados contêm micro-estruturas de deformação, designadas por estilólitos. Estas micro-estruturas têm origem tectónica e indicam a direcção da compressão durante a fase orogénica que deu origem à Serra da Arrábida.

4.5.3. Sesimbra

Coordenadas: 38° 26' 43,44" N - 9° 6' 11,57" W

A vila de Sesimbra situa-se na zona meridional da Península de Setúbal (figura 4.28). Do ponto de vista geomorfológico a vila ocupa uma área depressiva, rodeada por relevos elevados que constituem o litoral da Cadeia da Arrábida.

Esta depressão está associada a um sinclinal dissimétrico em que afloram, ao nível do seu eixo, rochas cretácicas de natureza essencialmente arenítica. No flanco Oeste do sinclinal situa-se o Castelo de Sesimbra edificado sobre calcários, rochas mais resistentes à erosão. A limitar o sinclinal afloram formações margosas e evaporíticas de idade Jurássica que ascenderam com a instalação do diapiro de Sesimbra ocorrida no Cretácico (Cruces 2006).

Estas rochas são extremamente plásticas e de baixo grau de dureza, o que favorece o processo de erosão diferencial ocorrido nesta zona e que conduziu ao desenvolvimento de vales e depressões que contrastam com os relevos elevados da Cadeia da Arrábida.

O gesso é um componente importante das rochas evaporíticas que constituem as Margas de Dagorda nesta região (Kullberg 2000). A Gesseira de Santana é uma antiga exploração de gesso localizada num dos afloramentos da unidade argilo evaporítica do diapiro de Sesimbra. Nesse local encontram-se argilitos e margas argilosas com gesso de cor avermelhada e acastanhada, onde se pode observar, entre outros minerais, o gesso fibroso (Cruces 2006). O acesso à Gesseira é fácil e encontra-se bem identificado.

4.6. Zona Ossa Morena: Barrancos e Maciço de Évora

Na Zona Ossa Morena (ZOM) foram percorridos vários locais com interesse geológico para um conhecimento genérico da região. Para tal, foram realizados trabalhos de campo em dois sectores da ZOM, Estremoz-Barrancos e Montemor-Ficalho.

No primeiro, foram seleccionados alguns locais, na região de Barrancos, onde é possível observar afloramentos representativos da sequência estratigráfica proposta para este sector por Araújo et al (2006).

No segundo, os locais seleccionados situam-se no Maciço de Évora: os afloramentos do Alto de São Bento - onde se observam rochas magmáticas, granitóides intrusivos em rochas de elevado grau metamórfico -, as margens da ribeira de Almansor - onde afloram migmatitos e granitóides - e, por fim, alguns afloramentos no sinclinal de Cabrela - nos quais se observa, discordante sobre o substrato deformado, a sequência vulcano-sedimentar da Formação de Cabrela, de idade Carbónica. Junto ao vértice geodésico da Marinha, a norte das Silveiras, encontra-se um nível conglomerático que constitui a base desta Formação.

4.6.1. Sector Estremoz- Barrancos

Este sector da ZOM encontra-se limitado, a nordeste, pelo sector de Alter do Chão-Elvas e, a sudoeste, pelo de Montemor-Ficalho através do carreamento de Santo Aleixo da Restauração. Individualizam-se neste sector as antiformas de Estremoz e Ferrarias, o sinclinal de Terena e as estruturas do Complexo Ígneo de Barrancos (Araújo et al 2006).

A região de Barrancos foi um dos locais incluídos no percurso de campo efectuado na ZOM, justificando-se a sua inclusão pelo facto de se encontrarem nessa região bons afloramentos onde se observam as diversas formações que constituem a sequência estratigráfica proposta por Araújo (2006) para este sector (figura 4.31).

A carta geológica de Portugal à escala de 1/50.000 relativa à região de Barrancos (44Bª Anexo) identifica as principais estruturas que constituem esta região: (de SW para NE) o sinclinal de Terena, o anticlinal de Barrancos, o sinclinal das Russianas e um sector mais deformado a partir do qual aflora a Formação de Fatuquedo.

As referidas formações distinguem-se pelas suas litologias, iniciando-se a coluna estratigráfica pela Formação de Ossa, unidade mais antiga, admitida como equivalente lateral da Formação de Fatuquedo, de idade Câmbrio Superior a Ordovício Inferior (Oliveira, Oliveira e Piçarra 1991). Segue-se a Formação de Barrancos, possível de observar em corte, à saída de Barrancos, na

estrada que liga esta vila a Espanha. Constituem esta formação uma sequência xistenta com xistos cinzentos, esverdeados e roxos a que se seguem níveis superiores mais ricos em psamitos esverdeados, por vezes ricos em icnofósseis, designados por “Xistos com Phyllocytes”. A diferenciação litológica mencionada justificou a separação da Formação de Barrancos em duas unidades distintas, Formação de Barrancos e Formação de Xistos com Phyllocytes. Estes xistos estão presentes na Pedreira do Mestre André (figura 4.32), são xistos micáceos de cor cinzenta e encontram-se bastante bioturbados. A sua riqueza fóssilífera permitiu identificar a presença de alguns icnogéneros que indicam condições de sedimentação profunda passando a ambientes mais superficiais nos níveis superiores da unidade (Araújo et al 2006).

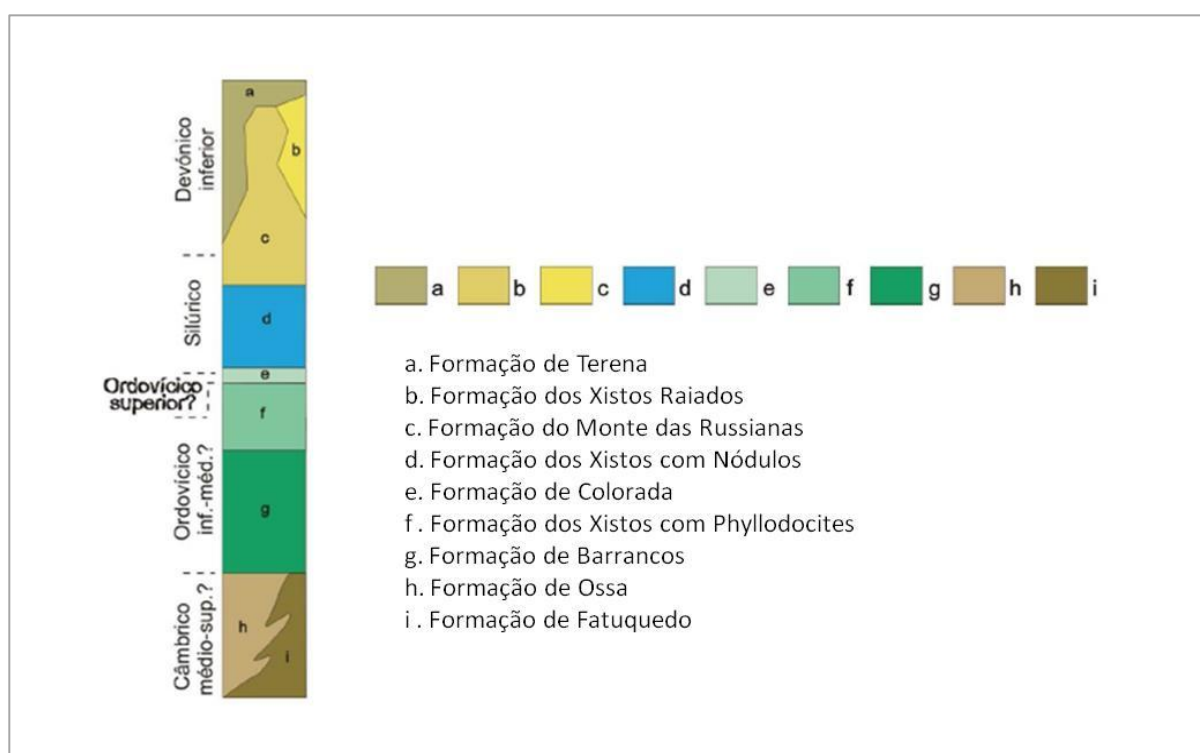


Figura 4.31 - Sucessão estratigráfica do sector Estremoz-Barrancos
(Adaptado de Araújo et al 2006)

Sobre esta formação de idade ordovícica, encontra-se a Formação da Colorada, constituída por quartzitos que alternam com psamitos e arenitos micáceos impuros. A Formação apresenta no seu conjunto características detríticas com variações laterais de fácies o que parece indicar um ambiente de deposição litoral. Junto à ribeira de Murtega, na Fonte da Pipa (figura 4.32), afloram os quartzitos. A idade desta formação tem sido considerada Ordovícica Superior sendo admitida, para as bancadas superiores de quartzitos, a idade de Silúrico inferior o que mais tarde foi confirmado através da presença de graptólitos em xistos negros que intercalam com as bancadas de quartzitos (Araújo et al 2006, Perdiggão, Oliveira e Ribeiro 1982, Oliveira, Oliveira e Piçarra 1991).

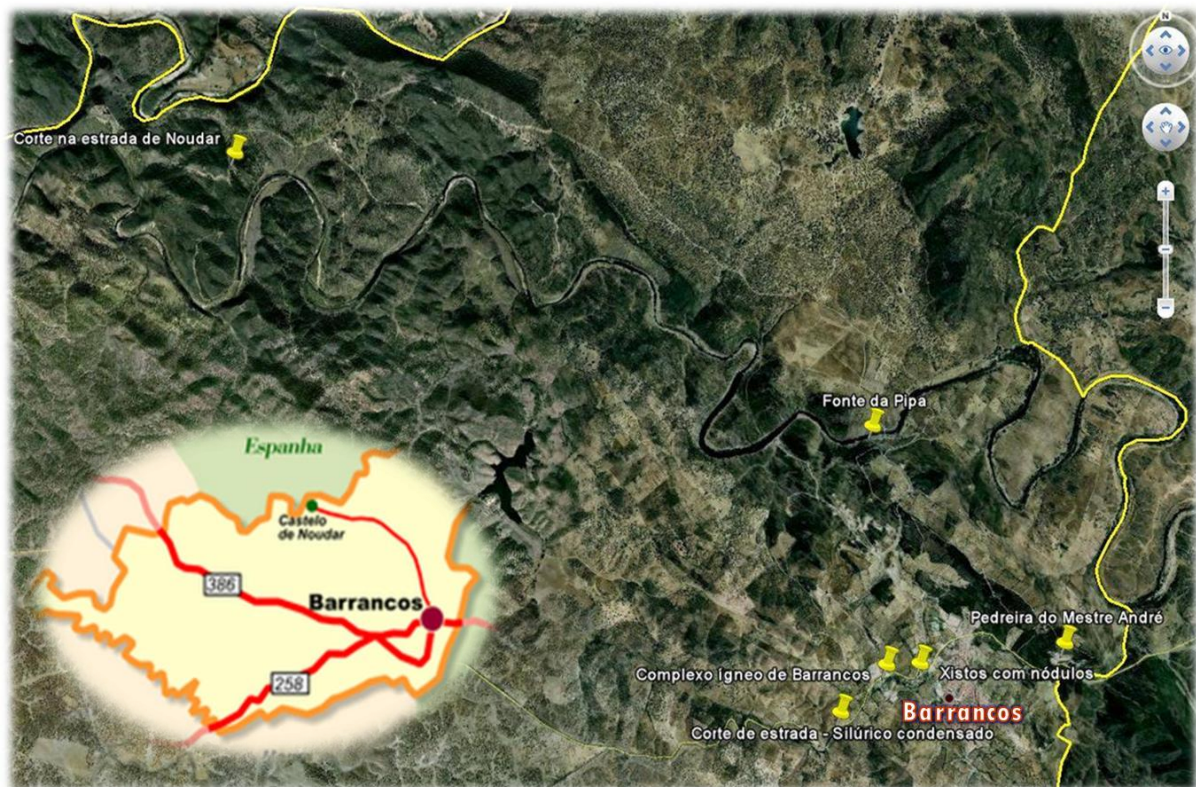


Figura 4.32 – Localização dos vários afloramentos na região de Barrancos

O Silúrico está representado na coluna estratigráfica pela Formação dos Xistos com Nódulos, uma formação relativamente pouco espessa que condensa todo o Silúrico. A sua riqueza faunística, mais concretamente as várias espécies de graptólitos fósseis que aí se encontram permitiram fazer uma datação mais detalhada do afloramento. Esta formação silúrica observa-se com facilidade na barreira da estrada N386 (figura 4.32), junto a um pequeno curso de água que corta a estrada próximo da vila de Barrancos.

A Formação dos Xistos com Nódulos passa gradualmente à Formação dos Xistos Raiados constituída por uma sequência de xistos e psamitos, considerados por Piçarra (2000, citado por Araújo 2006) como contemporâneos da Formação de Terena (Devónico inferior). À entrada de Barrancos pela estrada N386 (figura 4.32), observa-se na barreira da estrada, os Xistos Raiados com intercalações tectónicas de liditos da Formação dos xistos com Nódulos.

O sinclinal de Terena é constituído por uma sucessão turbidítica, tipo “flysch”, pelitos, grauvaques e algumas intercalações de conglomerados. A deposição do *flysch* de Terena, iniciou-se no Devónico inferior, passando lateralmente, a NE, às Formações dos Xistos Raiados e das Russianas. O facto de se encontrarem nesta formação algumas intercalações de conglomerados com origem nas unidades silúrico-devónicas, com predominância de liditos da Formação dos Xistos com Nódulos, sustenta a idade do Devónico inferior atribuída à Formação de Terena, idade confirmada

através da presença de graptólitos (Piçarra 1997, citado por Araújo 2006) e de esporos (Pereira et al 1999, citado em Araújo 2006).

A Formação das Russianas, constituída por xistos intercalados com bancadas de calcarenitos, pode ser observada na estrada que liga Barrancos ao Castelo de Noudar (figura 4.32).

Na região de Barrancos é, ainda, de referir o complexo ígneo que ocorre na faixa silúrica das Mercês, visível junto à estrada N386 (figura 4.32), após o local onde aflora a série condensada do Silúrico. É constituído por rochas vulcânicas, ácidas e básicas às quais se encontram associados calcários parcialmente metamorfizados e brechas eruptivas aparentemente sem deformação, constituídas exclusivamente por materiais eruptivos ou também por elementos calcários afectados por xistosidade (Perdigão, Oliveira e Ribeiro 1982). Este complexo poderá estar associado a uma tectónica distensiva que terá ocorrido no final da orogenia varisca, idade Carbónica (Oliveira 1984, citado em Araújo et al 2006).

4.6.2. Sector Montemor-Ficalho

O sector de Montemor-Ficalho, no qual se inclui o Maciço de Évora, é limitado, a norte, pelo sector de Estremoz-Barrancos através do carreamento de Santo Aleixo da Restauração e, a sul, o seu limite é feito com o Maciço de Beja e com as antiformas de Serpa e Viana do Alentejo (Araújo et al 2006).

No sector Montemor-Ficalho foram percorridos vários locais, na área correspondente ao Maciço de Évora, com o objectivo de observar alguns dos aspectos mais relevantes que caracterizam a tectónica e a litologia deste sector da ZOM. Assim, foram seleccionados duas áreas onde afloram rochas que evidenciam estruturas e litologias representativas dos fenómenos que terão sido determinantes na evolução da ZOM: Montemor-o-Novo (Ribeira de Almensor, Safira e Silveiras) e Évora (Alto de São Bento).

O Maciço de Évora é constituído por formações precâmblicas (Série Negra) e paleozóicos que sofreram intensa actividade metamórfica, ígnea e tectónica associada à orogenia varisca (Carvalhosa 1983). O metamorfismo e a deformação dúctil alteraram de forma heterogénea as rochas existentes encontrando-se, actualmente, nesta região anfibolitos, micaxistos, paragneisses e ortogneisses félsicos, metachertes, mármore e migmatitos que, nalguns locais, estão intruídos por granitóides e gabros de idade carbónica (Pereira et al, in prep).

A natureza calco-alcalina das rochas ígneas que afloram no Maciço de Évora associa-as a um processo de magmatismo típico de arco continental que terá ocorrido durante o Carbónico inferior, no bordo SW da ZOM, e que terá estado relacionado com o processo da subducção da litosfera oceânica sob a ZOM. O calor transferido para as rochas encaixantes pelo magma em

ascensão deverá ter sido um dos factores que promoveu o intenso metamorfismo e, por vezes, a migmatização que afectou as rochas nesta região (Moita 2008).

4.6.2.1. Montemor-o-Novo

A) Localização

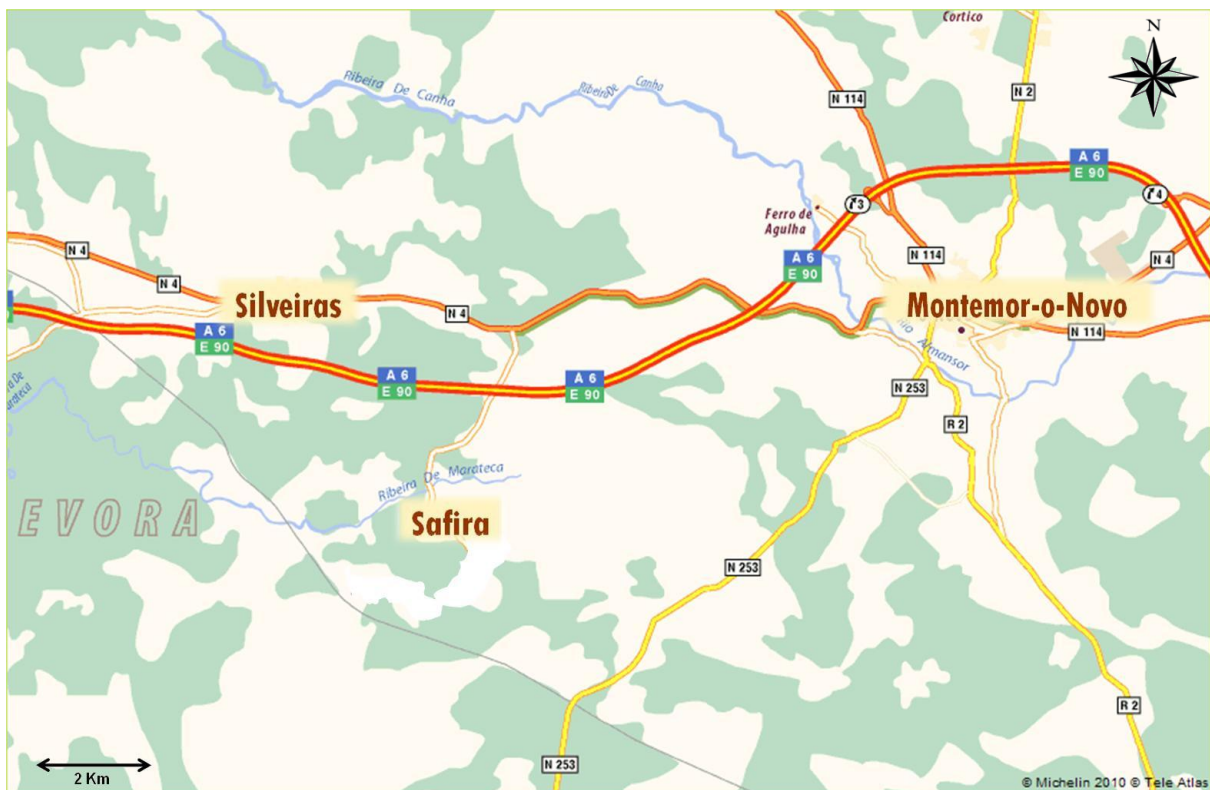


Figura 4.33 - Ribeira de Almansor (SW de Montemor-o-Novo), Safira e Silveiras

B) Descrição

Na região de Montemor-o-Novo, área abrangida pela folha 35-D da Carta Geológica de Portugal (escala 1:50 000), afloram rochas de elevado grau metamórfico, nomeadamente, gnaisses e migmatitos associadas a diversos tipos de granitóides, cuja idade vai desde o Proterozóico superior (Formação do Escoural) até à cobertura Cenozóica depositada sobre um conjunto de Formações Paleozóicas (Carvalhosa 1983, Carvalhosa e Zbyszewski 1994).

As condições de metamorfismo a que estes terrenos de alto-grau metamórfico foram sujeitos parecem corresponder a uma situação de transição entre a fácies anfibolítica e a granulítica,

sugerida pelo conjunto de minerais presentes nas rochas, indicadores de que estas não terão atingido a fácies granulítica (Pereira et al 2003, 2007, 2009a, citados em Pereira et al, in prep).

No afloramento da Ribeira de Almansor, a SW da cidade de Montemor-o-Novo, pode ser observado um bandado constituído por granitóides pouco foliados e migmatitos (diatexitos), nos quais se incluem vários tipos de encraves de natureza metamórfica (anfíbolitos, metachertes e paragneisses) e de dimensões variáveis. Os encraves, por vezes, apresentam formas alongadas podendo constituir indicadores cinemáticos de cisalhamento que indicam um movimento esquerdo. Também nos migmatitos se observa anisotropia através da orientação preferencial dos minerais de biotite (Pereira et al, in prep).

Os diatexitos apresentam características indicativas de processos anatéticos ocorridos em metasedimentos da Série Negra, enquanto que, para os granitóides não foliados a geoquímica aponta uma génese ligada à sobreposição de processos de cristalização fraccionada de magmas máficos com a mistura de magmas crustais (Moita et al 2009, citada por Pereira et al, in prep).

Na zona de Safira afloram gnaisses félsicos, micaxistos e anfíbolitos, com foliação milonítica à qual se associa uma lineação de estiramento indicadora de critérios cinemáticos (Pereira et al, in prep). A presença de eclogitos nestes afloramentos indica a ocorrência de um evento anterior de metamorfismo de alta pressão, associado aos processos de subducção e obducção que testemunham o fecho do oceano Rheic (Araújo 2006).

Ainda nesta área, junto a Silveiras, aflora o Complexo Filonítico de Moura interpretado, do ponto de vista geodinâmico, como um prisma de acreção associado à obducção de mantos sobre a margem SW da ZOM, relacionados com a sutura varisca (Araújo 1995, Araújo et al 1998, Pedro 2004, Araújo et al 2005, todos citados por Pedro et al 2006). Sobre este Complexo depositou-se a Formação de Cabrela, de idade carbónica, constituída na base por um nível conglomerático poligénico em que os calhaus apresentam xistosidade e deformação anterior à sua deposição (Carvalhosa e Zbyszewski 1994).

4.6.2.2. Alto de São Bento, Évora

A) Localização

O Alto de S. Bento (ASB) situa-se a WNW da cidade de Évora, da qual dista cerca de 3 quilómetros (figura 4.34). Esta região faz parte da peneplanície do Alentejo, vasta superfície na qual sobressai o ASB, um relevo com cerca de 363 metros de altitude (Carvalhosa et al 1969).

O Alto de São Bento é um local de fácil acesso, constituído por duas áreas principais, uma junto aos moinhos, de domínio público, e outra na antiga pedreira, de domínio privado.

Dada a natureza deste afloramento e a diversidade de estruturas que apresenta, perfeitamente enquadráveis nos conteúdos programáticos da disciplina de Biologia e Geologia e, dada a sua localização próxima da cidade, permitindo o acesso pedonal, justificou uma abordagem mais específica do local consubstanciada na apresentação de uma proposta de actividade de campo.



Figura 4.34 - Alto de São Bento, Évora

B) Descrição

No ASB observam-se afloramentos de granitóides de granularidade média, grosseira e porfiróide onde podem ser observados encraves máficos. Estes granitóides são cortados por filões pegmatíticos e aplíticos, pós-tectónicos, associados a um sistema de falhas (Carvalhosa et al 1969).

A génese dos granitóides que aqui afloram está associada a um mecanismo de diferenciação por cristalização fraccionada, embora alguns tipos de litologia, nomeadamente, o granodiorito, possam ser explicados por um modelo que combina a cristalização fraccionada e a mistura de magmas (Moita 2008).

Os filões pegmatíticos encontram-se dispersos por todo o afloramento podendo ser observados quer junto aos moinhos quer na pedreira. Os minerais que os constituem são, para além do quartzo, feldspatos e micas, a granada e a turmalina que exhibe, nalguns filões, cristais de grande dimensão.

Na zona onde se situam os moinhos encontra-se um extenso afloramento de rocha granitóide de textura porfiróide com fenocristais de feldspatos de dimensões variáveis (centimétricas) no seio

de uma matriz granular de grão médio (figura 4.35-I). O granitóide inclui encraves máficos de dimensões decimétricas a centimétricas, podendo também serem encontrados fenocristais no interior dos encraves. As características geoquímicas dos encraves indicam que a sua génese possa estar relacionada com a diferenciação magmática por cristalização fraccionada a partir de líquidos básicos, podendo a sua inclusão no granito porfiróide resultar de um processo de mistura essencialmente mecânico com o magma félsico que formava o granito (Moita 2008).

A cortar todo o afloramento pode-se observar uma rede de filões pegmatíticos e aplíticos (figura 4.35-II).

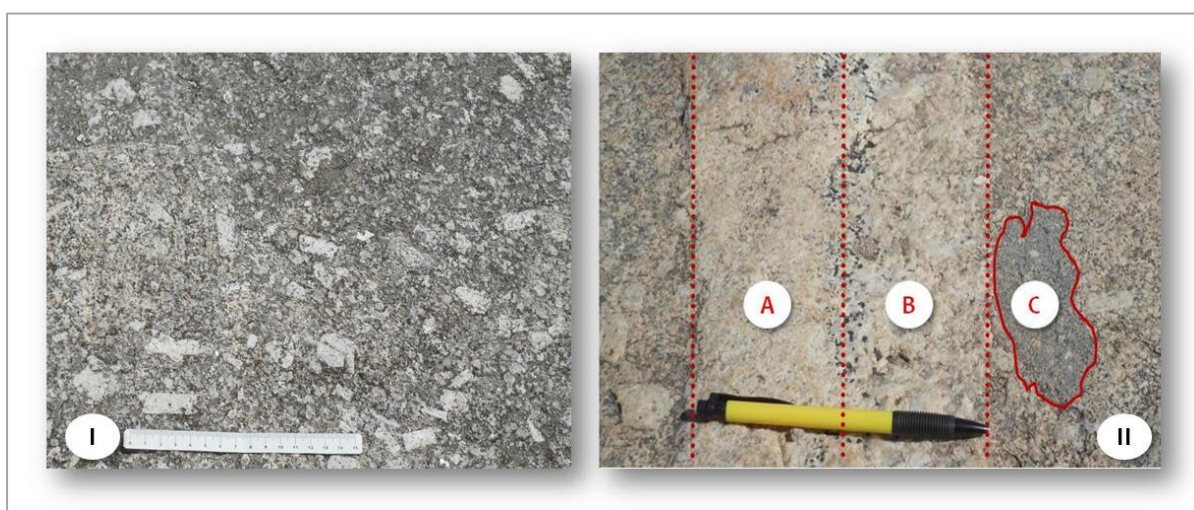


Figura 4.35 – Alto de São Bento (Moinhos): I. Granitóide porfiróide, II. Filão aplítico (A), filão pegmatítico (B) e encrave máfico (C)

Na pedreira, actualmente desactivada, podem observar-se granitóides de granularidade média a fina, constituídos essencialmente por quartzo, feldspato e micas (moscovite e biotite) no seio do qual se encontram, sub-horizontalmente, filões aplíticos e pegmatíticos (figura 4.36). A análise geoquímica indica que estes granitóides podem ter tido origem num processo de anatexia de metassedimentos ou dos complexos ígneo-sedimentares do Câmbrio que terá ocorrido, em termos cronológicos, próximo do magmatismo calco-alcalino que teve lugar na região (Moita 2008).

Um conjunto de fracturas sub-horizontais (diaclasses) afecta os granitóides (figura 4.37-I) podendo estar relacionada com situações de alívio de pressão decorrentes da intensa erosão a que estes terrenos ficaram sujeitos.

Encontram-se, também, várias falhas a cortar os granitóides, em cujos planos de falha se observam estrias indicadoras do seu movimento (figura 4.37-II).

Observa-se, também, na pedreira (figura 4.38-I) o contacto entre o granitóide e alguns enclaves de natureza granodiorítica bandados.

O granodiorito é uma rocha de cor cinzenta escura, com matriz de grão médio e textura foliada, bastante evidente através da alternância entre as bandas constituídas pelos minerais máficos e as bandas leucocráticas de espessuras variáveis e, por vezes, dobradas o que evidencia o elevado grau de metamorfismo e deformação a que esta rocha foi sujeita (figura 4.38-I).

Observa-se também, (figura 4.38-II) o contacto do granitóide com um enclave de micaxisto. Neste, é evidente a foliação resultante do metamorfismo que terá afectado as rochas encaixantes antes da instalação do maciço ígneo.



Figura 4.36 – Alto de São Bento (Pedreira): Granitóide de grão médio intersectado por filões aplito-pegmatíticos



Figura 4.37 – Alto de São Bento (Pedreira): I. Granitóides com diáclases sub-horizontais, II. Plano de falha N80°W sub-vertical com estrias sub-horizontais



Figura 4.38 – Alto de São Bento (Pedreira): I. Contacto entre o granodiorito bandado e o granitóide, II. Contacto entre o granitóide e o encaixe da rocha encaixante metamorfizado (micaxisto).

4.7. Zona Sul Portuguesa: Mina de São Domingos

A) Localização

A mina de S. Domingos localiza-se no concelho de Mértola, muito próximo da fronteira espanhola (figura 4.39).

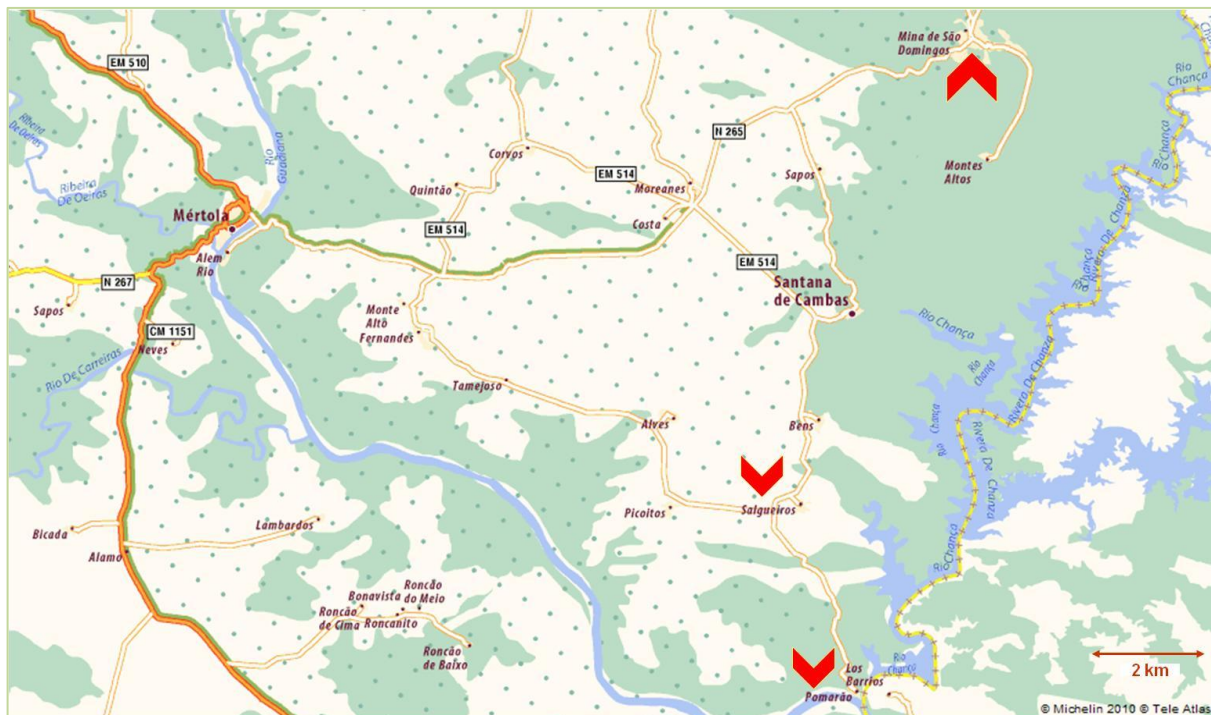


Figura 4.39 - Mina de S. Domingos e zona envolvente, Mértola

A Mina de S. Domingos situa-se na Faixa Piritosa Ibérica (FPI), um dos domínios da Zona Sul Portuguesa, localizada na parte SW da Península Ibérica. Constituiu uma das explorações mineiras portuguesas de maior interesse cuja actividade extractiva ocorreu entre 1857 e 1966.

A FPI é considerada uma das mais importantes províncias metalogenéticas do mundo, conhecida pela sua riqueza em sulfuretos maciços vulcanogénicos, vulgarmente conhecidos por pirites, constituindo uma vasta área com extensão de 250 km de comprimento e 30 a 60 km de largura que abrange, actualmente, parte do Alentejo, do Algarve e da Andaluzia.

B) Enquadramento geológico

A unidade geológica mais antiga da FPI, onde se situa a Mina de S. Domingos, é designada por núcleo Filito-Quartzítico (FQ) e engloba rochas metamórficas de baixo grau como os quartzitos e os xistos, que se originaram da deposição de areias, siltes e argilas em zona de plataforma pouco profunda durante o Devónico superior. Sobre esta unidade foi depositado um Complexo Vulcano-Sedimentar (CVS) constituído por rochas sedimentares ou vulcano-sedimentares - xistos negros e xistos borras de vinho, jaspes e chertes, respectivamente - e por rochas vulcânicas - vulcanitos e rochas de composição riolítica, espilitos, diabases e rochas vulcanoclásticas -, o que demonstra a ocorrência de actividade vulcânica intermitente no fundo do mar, há cerca de 352 a 330 Ma atrás. Por último, sobrepondo-se ao Complexo Vulcano-Sedimentar depositou-se em meio marinho uma sequência de sedimentos turbidíticos (grauvaques e pelitos) - Formação de Mértola (Mt) - com vários quilómetros de espessura, que faz parte do Grupo do Flysch do Baixo Alentejo, de idade compreendida entre os 340 e os 330 Ma (Oliveira 1990, Oliveira et al 1997, Oliveira et al 1998, Oliveira et al 2004, Pereira et al 2004, Oliveira et al 2005, todos citados por Pereira et al 2007; Álvarez-Valero et al 2007).

Associado ao CVS encontram-se jazigos minerais cuja génese está relacionada com fenómenos de metamorfismo hidrotermal. Da circulação de fluidos metalíferos entre as rochas vulcânicas e as sedimentares, resultaram alterações hidrotermais. A precipitação destes fluidos deram origem a massas de sulfuretos ricas em ferro, cobre, zinco, chumbo, prata e ouro (Carvalho 1972, Carvalho et al 1976, Carvalho 1979, Carvalho 1982, Barriga e Carvalho 1983, Munhá et al 1997, Pinto et al 1997, todos citados por Batista 2003).

A mina de S. Domingos é um depósito de sulfuretos maciços polimetálicos, vulcanogénico, subaflorante e subvertical que foi explorado a céu aberto até cerca de 120 m de profundidade. É constituído por uma única massa de pirite localizada no topo de uma sequência constituída por xistos negros e vulcanitos ácidos, básicos e intermédio-básicos do Complexo Vulcano-Sedimentar.

O stockwork da massa (figura 4.40) encontra-se bem desenvolvido no lado norte da corta e é marcado pela presença de uma rede entrançada de veios de pirite

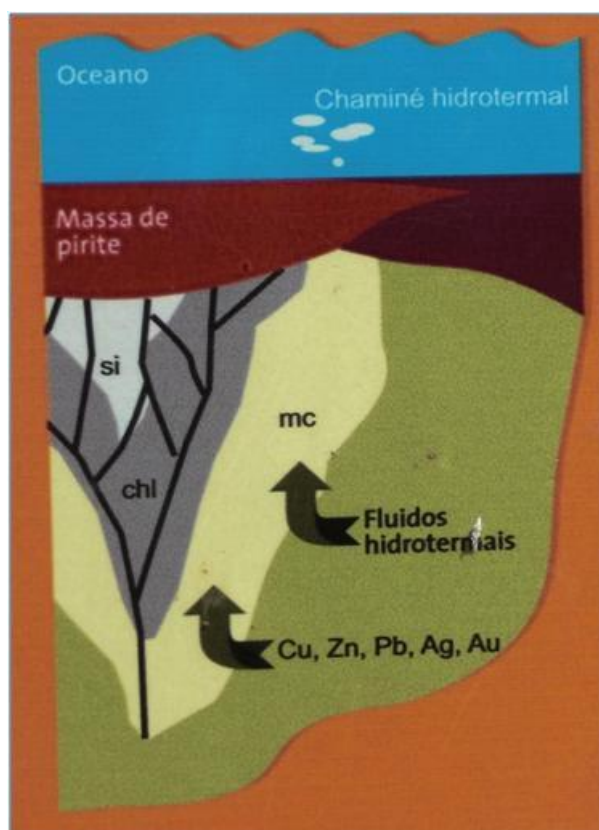


Figura 4.40 - Paine informativo da Mina de S. Domingos: esquema do Stockwork

com matriz siliciosa. Estes veios, canais alimentadores do jazigo, encontram-se ligados ao minério maciço que evidencia um enriquecimento em cobre, a norte, e, em zinco, mais a sul e a oeste (Álvarez-Valero 2007, Matos, Soares e Cardoso 2006).

C) Enquadramento histórico

A exploração dos depósitos de metais abundantes nesta região remonta ao séc. VIII a.C. No entanto, foi durante o Império Romano que se intensificou a exploração de vários jazigos de sulfuretos como é o caso das minas de S. Domingos, Aljustrel e Canal Caveira, em Portugal, e Rio Tinto, em Espanha.

A exploração mineira concentrou-se em locais onde, à superfície, era visível o que se designa por “chapéu de ferro”. Esta estrutura, fácil de reconhecer pelo tom avermelhado dos terrenos, é uma concentração de produtos resultantes da oxidação dos minerais metálicos como o cobre, o zinco, o chumbo, a prata e o ouro que constituem o jazigo.

Após a revolução industrial, no séc. XIX, reiniciou-se a exploração mineira extraindo-se grandes volumes de mineral para obtenção de cobre e de enxofre. A mina foi explorada a céu aberto até cerca de 120m de profundidade através de galerias e poços. Para além da pirite encontram-se nesta mina outros minerais, tais como, a esfalerite, a calcopirite e a galena. Esta actividade estendeu-se durante o séc. XX, até ao ano de 1966, altura em que se deu o encerramento da mina.

Em 1857, a empresa que explorava a mina construiu uma aldeia, ainda hoje existente, para todos os seus trabalhadores. Os bairros que a constituem foram construídos em função das actividades desenvolvidas na estrutura mineira. A zona dos Ingleses, com casas espaçosas, jardins e espaços de convívio contrasta com as zonas dos operários.

Durante mais de cem anos os mineiros retiraram do subsolo milhões de toneladas de minério que transportavam até ao cais de embarque no rio Guadiana, donde partiam os barcos carregados de minério. Os vestígios da actividade mineira, edifícios, pontes, a linha do caminho-de-ferro e o cais fluvial do Pomarão, agora em ruínas, ainda estão presentes na região e constituem um ponto de interesse turístico, embora exija aos visitantes alguns cuidados de segurança (Matos, Soares e Cardoso 2006).

Actualmente, a mina de São Domingos encontra-se em total abandono sem que tenham sido tomadas medidas no sentido de minimizar o seu impacto ambiental.

D) Impacto ambiental

Terminada a actividade extractiva na mina de S. Domingos a corta foi progressivamente inundada por água ácida (pH inferior a 2,5-3). Em torno da antiga corta encontram-se actualmente vários

tipos de escombreyras constituídas por materiais diversos como escórias modernas de cor negra, escórias romanas acastanhadas e as rochas encaixantes da mineralização (figura 4.41).



Figura 4.41 - Corta da mina preenchida por um lago de águas ácidas

A inexistência de políticas protectoras do ambiente no processo de encerramento da mina traduz-se pela existência de um grande volume de escórias onde se podem identificar, além dos sulfuretos, metais poluentes como o Cu, Pb, Zn e As (Rosado et al 2008).

Os sulfuretos que se encontram nos materiais que constituem as escombreyras agravam o impacto ambiental que se verifica em S. Domingos devido à sua forte instabilidade nas condições existentes à superfície da Terra. Para além da alteração química, o processo pode ser intensificado pela actividade quimiossintética de algumas espécies de bactérias do género *Thiobacillus* que obtêm energia através da oxidação do ferro ou do enxofre (Mirão e Candeias s/d).

A hidrólise dos sulfuretos forma águas ácidas com grande poder de dissolução de elementos químicos tóxicos, lixiviando-os e transportando-os pela rede hidrográfica (figura 4.42-A). A Ribeira de São Domingos, afluente do rio Chança, encontra-se afectada pela drenagem não controlada de efluentes ácidos provenientes da área mineira, contaminando todos os troços da rede hidrográfica situados a jusante da mina até ao oceano.

O clima da região permite alterações sazonais que condicionam o processo de contaminação, alternando a fase sólida/aquosa dos minerais tóxicos (Rosado et al 2008). A contaminação não se restringe apenas à rede hidrográfica mas afecta, também, os solos envolventes e os ecossistemas associados (figura 4.42).

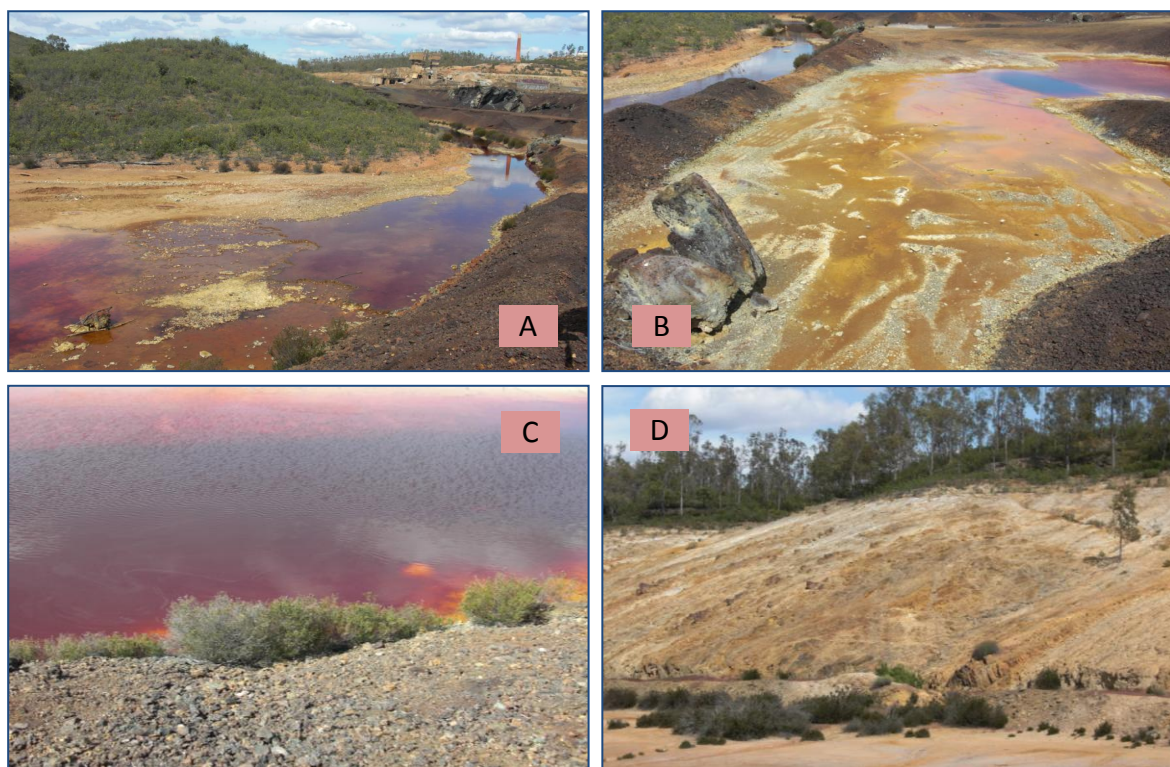


Figura 4.42 – Aspectos da zona envolvente da mina

Ao longo de toda a rede hidrográfica é constante a presença de *Erica andevalensis*, planta muito tolerante a águas ácidas com elevadas concentrações de metais pesados (figura 4.42-C). Esta planta é rara e só aparece, em Portugal, nesta região. As áreas de contaminação intensa não apresentam qualquer outro tipo de vegetação, surgindo uma zona de eucaliptos (figura 4.42-D) numa área mais afastada, onde a contaminação é mais reduzida.

5.Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia

5.1. Locais seleccionados e estrutura organizativa

Um dos objectivos deste trabalho visa preparar actividades práticas de campo relativas a locais com interesse didáctico relevante, enquadradas no programa da disciplina de Biologia/Geologia, componente de Geologia do 11º ano, pelo que se procedeu a uma nova selecção de entre os locais que constituem o levantamento efectuado.

Nesta selecção foram escolhidos os locais que, para além de cumprir o requisito considerado anteriormente – possibilitar a realização de actividades práticas de campo integradas nos *curricula* do ensino secundário –, satisfazem, ainda, as seguintes condições: clareza e diversidade dos registos geológicos, fácil acessibilidade, segurança e proximidade à região de Évora.

Assim, atendendo aos critérios mencionados, foram escolhidos os seguintes locais de estudo sobre os quais vão ser preparadas actividades de campo:

- Alto de São Bento, Évora;
- Impacto ambiental da Mina de São Domingos, Mértola;
- Rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, Lisboa;
- Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente, Sintra.

Em termos da geologia de Portugal, estes locais situam-se nas Zona Ossa Morena, Zona Sul Portuguesa e Orla Ocidental (figura 5.1).

Em termos de estrutura organizativa, cada uma das actividades práticas de campo proposta está organizada da seguinte forma:

- I. Introdução,
- II. Guião da Actividade de Campo,
- III. Sugestões de Resolução,
- Bibliografia
- Anexos.

A introdução e as sugestões de resolução do guião destinam-se ao professor visando facilitar a preparação e consecução da actividade de campo, enquanto o guião da actividade de campo pode ser aplicado directamente pelos alunos no decorrer da actividade.

O Guião da Actividade de Campo é composto por cinco pontos principais: 1. Objectivos da actividade, 2. Preparação da actividade na sala de aula, 3. Actividade de campo, 4. Pós actividade de campo e 5. Avaliação da actividade.

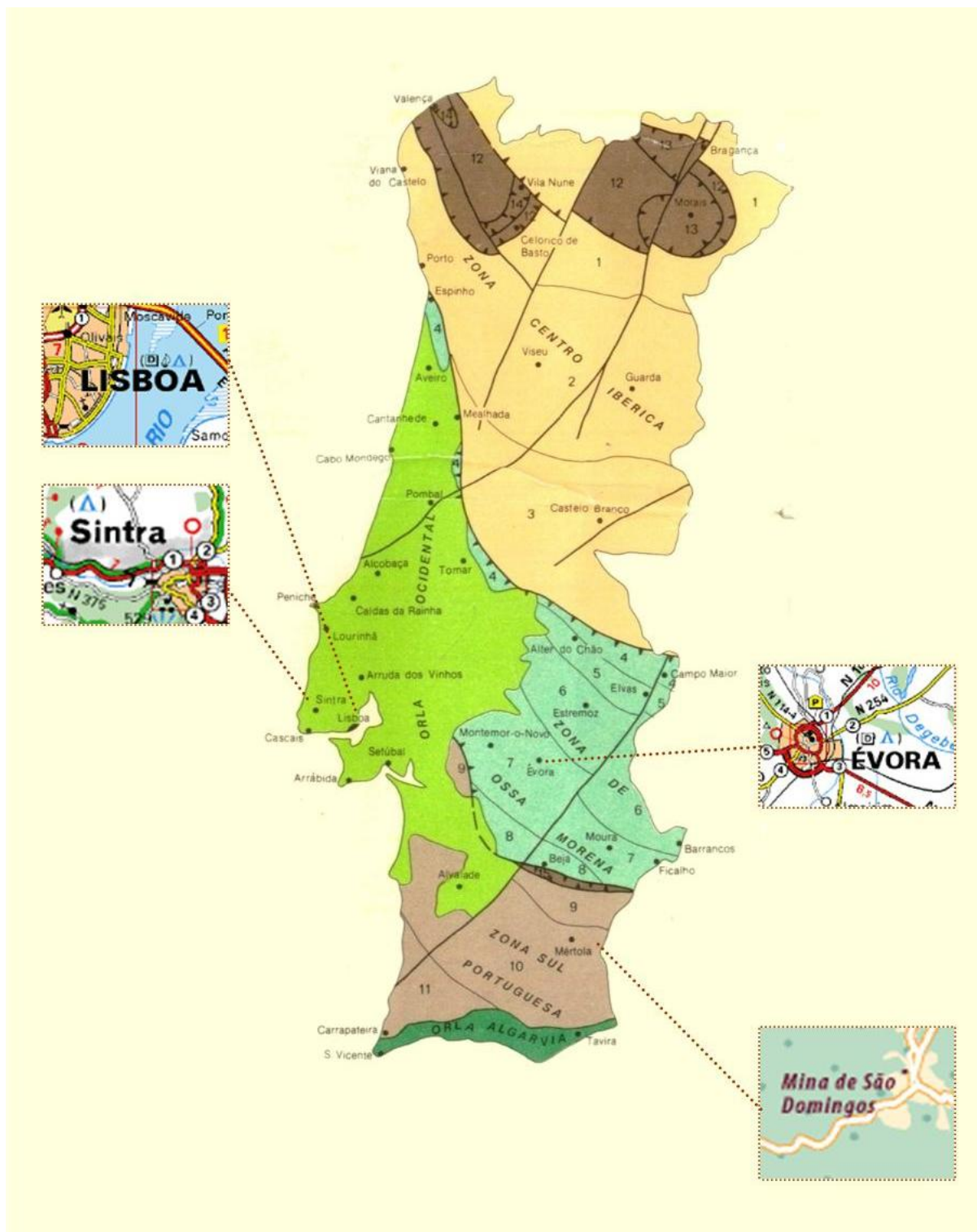


Figura 5.1 – Localização das actividades práticas de campo

(Adaptado de esquema tectono-estratigráfico, Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000, Serviços Geológicos de Portugal, 5ª edição, 1992)



Actividades de Campo no Ensino da Geologia: Alto de S. Bento, Évora

5.2.



I. Introdução

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia Alto de S. Bento, Évora

I. Introdução

No sentido de preparar os alunos para a actividade de campo devem ser trabalhados, em situação de sala de aula, os conteúdos teóricos e práticos necessários à resolução das tarefas que lhes vão ser propostas bem como o domínio de algumas técnicas e instrumentos fundamentais em Geologia de campo.

Assim, devem ser trabalhados alguns aspectos, tais como:

- A análise macroscópica e identificação de amostras de rochas magmáticas;
- Caracterização e classificação de rochas, tendo em conta os seus parâmetros texturais e mineralógicos;
- Noções básicas sobre deformação dúctil e frágil e tipo de estruturas resultantes;
- Utilização da bússola como instrumento para medição de atitudes das estruturas geológicas;
- Análise de uma carta geológica;
- Breve referência ao enquadramento geológico do local no contexto geotectónico da ZOM.

A utilização da bússola na medição de atitudes requer algumas técnicas específicas. Como tal, considerou-se útil referir algumas sugestões para utilização deste instrumento (Anexo II – Bússola de Geólogo).

Relativamente ao tema “cartografia geológica”, não fazendo parte dos conteúdos curriculares do 10 e 11º anos, considerou-se importante fazer a abordagem de alguns conceitos básicos sobre o tema no sentido de facilitar a consecução da actividade (Anexo III – Carta Geológica).



II. Guião da Actividade de Campo

*Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Alto de S. Bento, Évora*

II. Guião da Actividade de Campo

II.1. Objectivos da actividade

A actividade prática de campo enquadra-se na unidade “Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres”, da disciplina de Biologia e Geologia (11º ano).

Esta actividade tem como objectivos:

- Descrever, em termos de textura e composição mineralógica, a rocha que aflora;
- Reconhecer, com base na observação das rochas à superfície, a sua litologia;
- Utilizar a bússola como instrumento de orientação e de medição de atitudes;
- Formular hipóteses explicativas dos fenómenos observados;
- Aumentar o interesse e a motivação pela Geologia, em geral, e pelo trabalho de campo, em particular.

II.2. Preparação da actividade na sala de aula

Em grupo, sob a orientação do professor, prepare a actividade que vai desenvolver.

Sugestões:

- Analise a informação que consta do Guião;
- Trabalhe a informação contida na Carta Geológica de Portugal à escala 1/50.000, Folha 40-A Évora;
- Identifique o local e o percurso da actividade de campo (Anexo A.4 da Actividade de Campo do Alto de S. Bento).

II.3. Actividade de campo

II.3.1. Caracterização do local

II.3.1.1. Localização

O Alto de S. Bento (ASB) situa-se a WNW da cidade de Évora, da qual dista cerca de 3 quilómetros (figura 5.2.1). Do ponto de vista geomorfológico, esta região faz parte da peneplanície do Alentejo, vasta superfície na qual sobressai o ASB, um relevo com cerca de 363 metros altitude (Carvalhosa et al 1969).

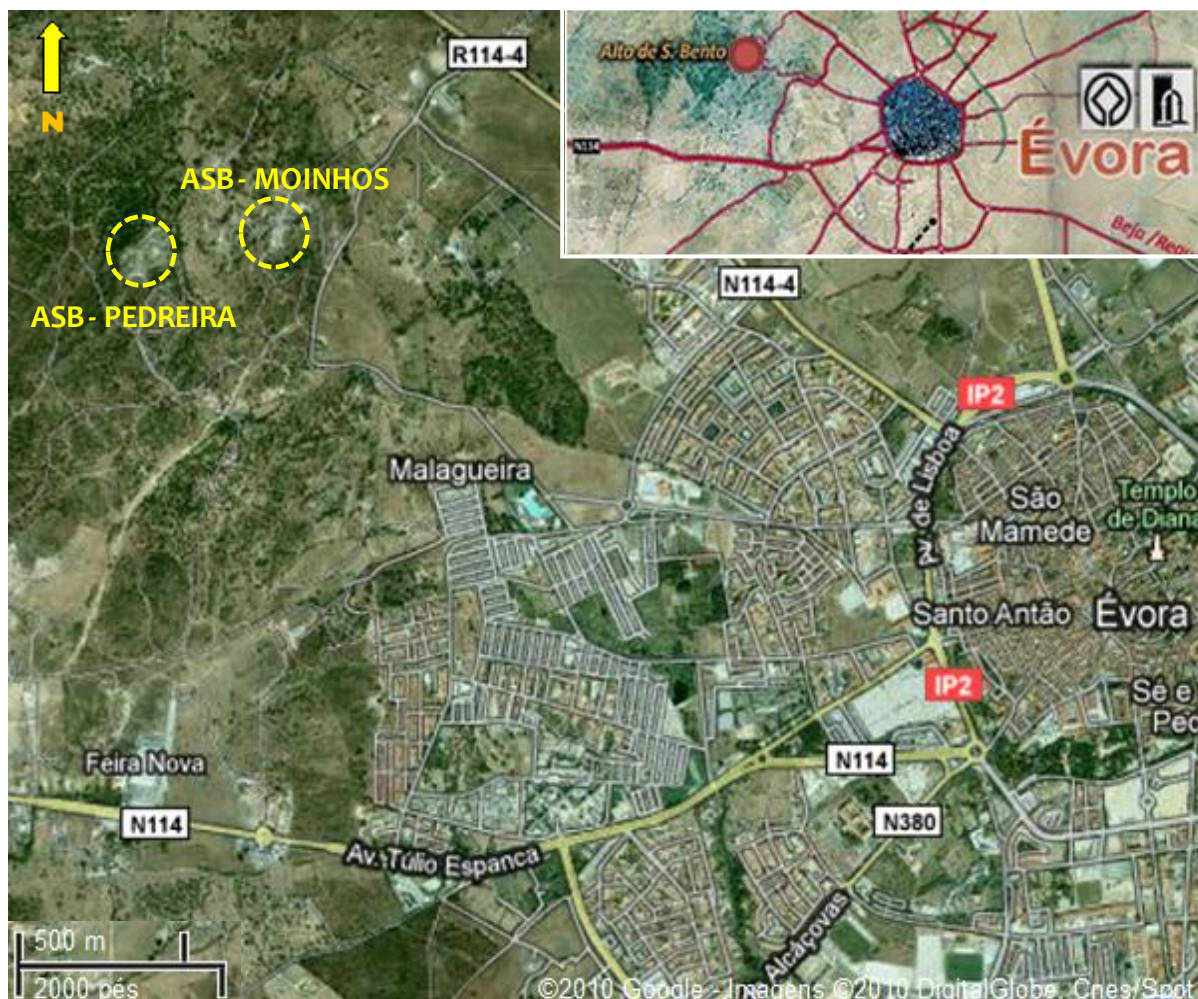


Figura 5.2.1 – Localização do Alto de São Bento

II.3.1.2. Enquadramento geológico da região

O ASB insere-se no Maciço de Évora, área que está localizada na Zona Ossa Morena (ZOM), uma das zonas paleogeográficas que constitui o Maciço Ibérico, indicada pelo número 7 na figura 5.2.2.

O Maciço de Évora é constituído por rochas de elevado grau metamórfico, no seio das quais intuíram rochas ígneas - granodioritos, granitos, tonalitos e gabros - de idade carbónica, sujeitas a deformação dúctil e frágil, associada a tensões que terão ocorrido no Carbónico inferior. A Orogenia Varisca e a erosão a que estes terrenos ficaram sujeitos, desde o final do Paleozóico, terão sido responsáveis pelo seu afloramento.

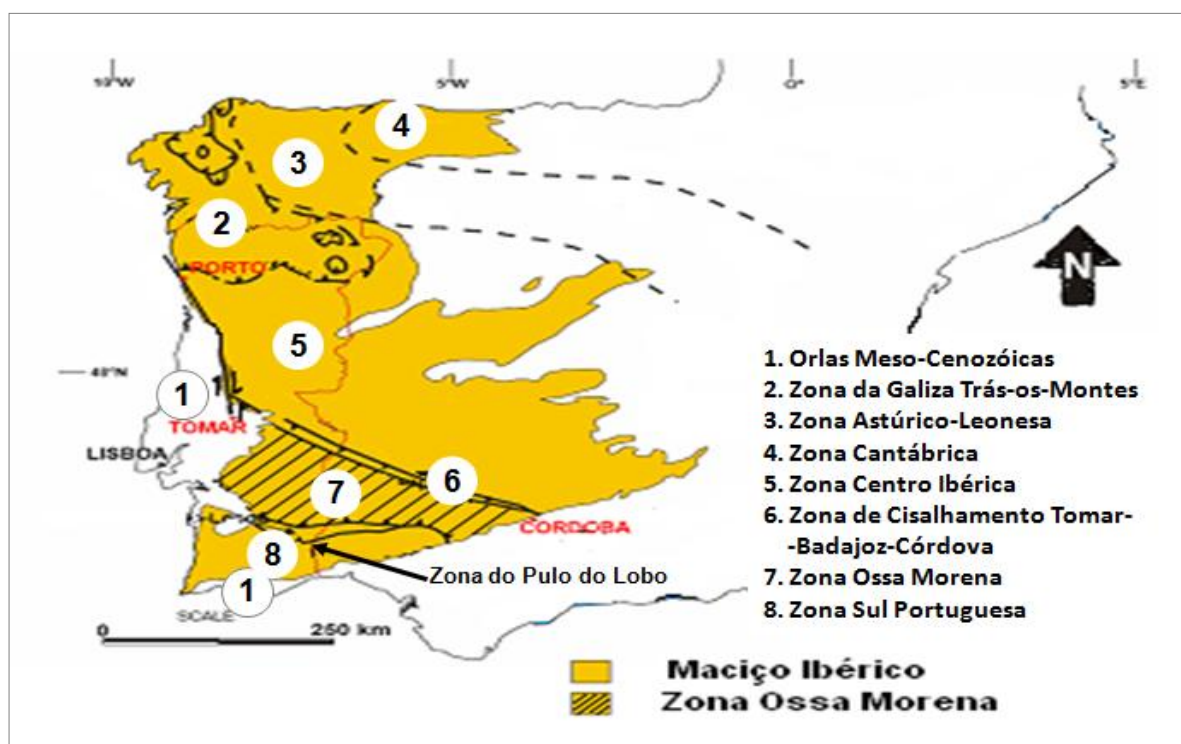


Figura 5.2.2 - Zonas paleogeográficas e estruturais do Maciço Ibérico
 (Adaptado de Batista 2003)

A génese deste do Maciço está ligada a um processo de subducção desenvolvido no bordo sul da ZOM que ocorreu no Devónico. Durante este processo deu-se o fecho do oceano Rheic, através da subducção da placa oceânica (figura 5.2.3 A) e posterior colisão continental (figura 5.2.3 B).

Neste tipo de limite entre placas tectónicas as condições de pressão e temperatura conduzem à fusão parcial dos materiais rochosos, originando magmas. A consolidação do magma em profundidade formou a massa ígnea que constituiu o Maciço de Évora e a sua instalação deverá ter sido um dos factores que promoveu o intenso metamorfismo nas rochas desta região.

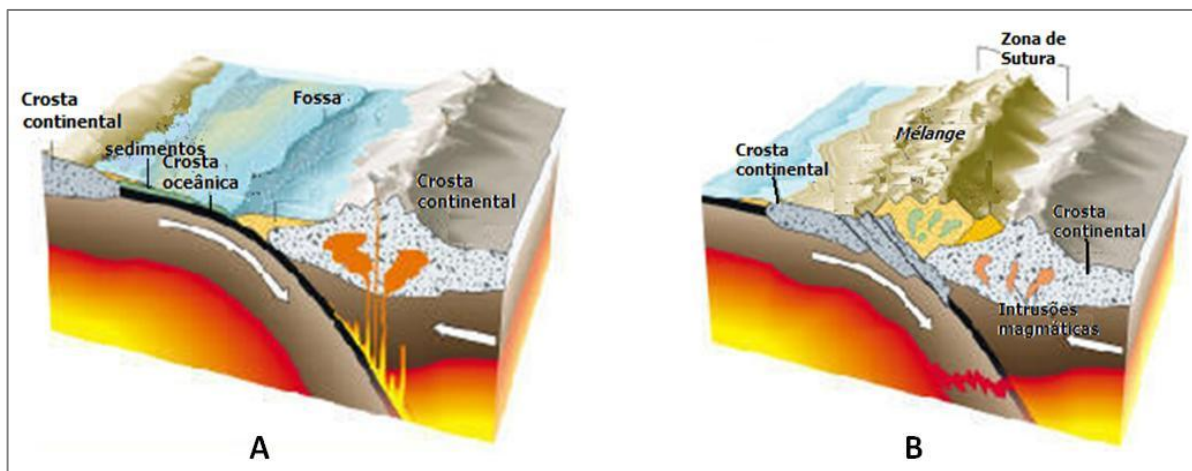


Figura 5.2.3 – Colisão entre placas tectónicas: subducção da placa oceânica [A] e posterior colisão continental [B]
(Adaptado de Press and Siever 1998)

II.3.2. Material necessário para a actividade de campo

- | | |
|--|---------------------------------|
| ✓ Excerto carta geológica Évora Folha 40-A | ✓ Sacos para amostras |
| ✓ Martelo de geólogo | ✓ Etiquetas |
| ✓ Bússola de geólogo | ✓ Máquina fotográfica |
| ✓ Lupa | ✓ Roupas e calçado confortáveis |
| ✓ Caderno de Campo | ✓ Mochila |
| ✓ Lápis e borracha | ✓ Água |

II.3.3. Actividades de campo: moinhos do ASB


Nota: Identifique os locais onde decorrem as actividades a realizar (anexo A.2 da Actividade de Campo do Alto de S. Bento)

II.3.3.1. Actividade 1

- 1) Observe a paisagem e determine a localização geográfica do afloramento relativamente à cidade de Évora.
- 2) Observe a carta geológica (anexo A.1 da Actividade de Campo do ASB) e identifique o lugar onde se encontra. Qual a litologia que aflora nesta área?
- 3) Descreva os aspectos morfológicos da paisagem que lhe pareçam mais relevantes.

II.3.3.2. Actividade 2

- 1) Faça a descrição litológica (textura e mineralogia) do afloramento rochoso.
- 2) Observe o encrave que se encontra neste local. Discuta a idade relativa do filão, do encrave e do granitóide.
- 3) Faça a representação esquemática da secção do afloramento indicada.

 N	
<u>Escala</u> (Utilize a escala que considerar mais apropriada)	<u>Legenda</u>

II.3.3.3. Actividade 3

- 1) Todo o afloramento é atravessado por uma rede de filões félsicos aplíticos - de cor clara e grão fino - e pegmatíticos - de cor clara e grão grosseiro (figura 5.2.4). Observe o filão e descreva a sua textura.
- 2) Identifique o filão aplítico e o pegmatítico.
- 3) Localize no afloramento outros filões aplíticos e pegmatíticos.



Figura 5.2.4 – Filão aplítico-pegmatítico

II.3.3.4 Actividade 4

- 1) Observe o plano de falha.
- 2) Determine a atitude da falha.
- 3) Observe as estrias no plano de falha e identifique o tipo de falha.

II.3.3.5. Actividade 5

Neste local observa-se o contacto do granitóide com uma massa rochosa de cor mais escura - micaxisto (figura 5.2.5).

- 1) Registe em fotografia.
- 2) Observe o micaxisto e descreva a sua textura.
- 3) Procure uma possível explicação para o que observa.



Figura 5.2.5 – Enclave de micaxisto

II.3.3.6. Actividade 6

- 1) Procure na área envolvente dos moinhos um afloramento de granitóides onde a recolha de uma amostra seja fácil. Acautele o estado de alteração da rocha. Recolha uma amostra com o menor grau de alteração possível.
- 2) Identifique a amostra (local e data de recolha), coloque-a num saco de plástico e leve-a para a escola para posterior estudo macroscópico e em lâmina.

II.3.4. Actividades de campo complementares: Pedreira do ASB

A actividade é indicada como complementar uma vez que a pedreira se situa numa propriedade privada, cujo acesso nem sempre está disponível. Contudo, se as condições logísticas o permitirem, esta actividade complementa a actividade desenvolvida junto aos moinhos.

II.3.4.1. Actividade 1

- 1) Identifique a Pedreira na fotografia de satélite (anexo A.4 da Actividade de Campo do ASB).
- 2) Observe a planta da pedreira (anexo A.3 da Actividade de Campo do ASB) e identifique o local onde vai decorrer a actividade 1.
- 3) Descreva o corte tendo em consideração os seguintes aspectos:
 - a) Identificação da litologia.
 - b) Diversidade de texturas.
 - c) Deformação visível: diaclases, fracturas ou dobras.
- 4) Nos filões pegmatíticos que cortam a rocha predominante neste local observam-se, por vezes, cristais de Turmalina com grandes dimensões (figura 5.2.6). Tente localizá-los.

Nota: Os cristais de Turmalina que se observam neste local fazem parte do nosso património geológico. As suas características ímpares conferem-lhe valor científico e didáctico pelo que a sua conservação é uma tarefa que compete a todos nós.



Figura 5.2.6 - Alto de S. Bento (Pedreira): Cristais de Turmalina num filão pegmatítico

II.3.4.2. Actividade 2

- 1) Localize no anexo A.3 a actividade 2.
- 2) Recolha uma amostra da rocha predominante neste local.
- 3) Identifique a amostra (local e data de recolha), coloque-a num saco de plástico e leve-a para a escola para posterior estudo macroscópico e em lâmina.
- 4) Determine a atitude da falha.
- 5) Observe as estrias no plano de falha. Identifique o tipo de falha.

II.3.4.3. Actividade 3

Neste local observa-se o contacto do granitóide com uma massa rochosa de cor mais escura, o granodiorito (figura 5.2.7).

- 1) Identifique no anexo A.3 o local onde vai decorrer a actividade 3.
- 2) Observe o granodiorito e descreva-o.
- 3) Procure uma possível explicação para o que observa.
- 4) Registe em fotografia.



Figura 5.2.7 – Alto de S. Bento (Pedreira): contacto entre o granodiorito bandado e o granitóide

II.4. Pós actividade de campo

Estudo da amostra recolhida na actividade 6, indicada em II.3.3.6 do Guião.

- 1) Faça a descrição macroscópica da amostra.
Algumas sugestões que facilitam o seu trabalho:
 - a) Tipo de rocha: magmática plutónica ou vulcânica.
 - b) Cor.
 - c) Textura.
 - d) Constituintes que observa.
 - e) Quais as possíveis condições de formação.
 - f) Designação da amostra.
- 2) Observe ao microscópico petrográfico a lâmina delgada. Descreva o que observa.

II.5. Avaliação da actividade

Utilizando os dados recolhidos durante as actividades, elabore um relatório.



III. Sugestões de Resolução do Guião

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Alto de S. Bento, Évora

III. Sugestões de Resolução do Guião

III.1. Actividade de campo

Junto aos moinhos (**anexo A.2 - actividade 1**) pode observar-se a vasta peneplanície do Alentejo, onde se distinguem alguns relevos de resistência, como a Serra D'Ossa, a NE do local onde decorre a actividade e, a Sul, os Calcários dolomíticos de Viana do Alentejo.

A cidade de Évora situa-se num pequeno relevo residual de natureza gnaissica que se localiza na área de intercepção das bacias hidrográficas dos rios Tejo, Sado e Guadiana.

O ASB é uma área que se distingue na planície por constituir também um pequeno relevo (363m), localizado a NW da cidade, constituído por granitóides, cuja natureza deverá ter permitido a sua preservação face à erosão a que toda a região foi sujeita (Carvalhosa et al 1969).

Aflora neste local (**anexo A.2 - actividade 2**) um maciço granitóide com textura porfiróide no qual se encontram encraves máficos de dimensões variadas (decimétricas a centimétricas) atravessados por uma rede de filões félsicos aplíticos (de cor clara e grão fino) e pegmatíticos (grão grosseiro e cor clara) (figura 5.2.8).



Figura 5.2.8 - Granitóides com textura porfiróide cortados por filões aplíticos e pegmatíticos

A formação destes filões ácidos corresponde à cristalização mais tardia de um magma numa fase em que o magma residual é mais rico em sílica. Os minerais presentes são essencialmente minerais félsicos, quartzo e feldspatos enquanto nos encraves predominam os minerais máficos.

Junto ao moinho situado mais a norte observa-se um enclave máfico de dimensões decimétricas e contornos regulares, incluído na massa granitóide, cortado por um filão (figura 5.2.9) (**anexo A.2 - actividade 2**).



Figura 5.2.9 - Enclave máfico cortado por um filão

Para além da cor, o enclave distingue-se facilmente do granitóide encaixante pela sua textura fina no seio da qual se incluem fenocristais de plagioclase cálcica. A existência deste tipo de encraves poderá estar relacionada com um processo de cristalização fraccionada, em que numa primeira fase terão cristalizado os constituintes do magma mais básicos e, numa fase posterior, os constituintes mais ácidos. Assim, a génese dos granitóides corresponde a um processo de arrefecimento lento, os encraves representam episódios de cristalização anterior, em que o magma se encontrava menos diferenciado e, mais tardiamente, ocorreu a instalação do filão.

Nalguns filões observa-se a coexistência de um preenchimento aplítico e pegmatítico com a porção pegmatítica na zona central e uma porção aplítica na periferia ou com a porção pegmatítica e aplítica ocupando uma posição paralela (figura 5.2.10) (**anexo A.2 - actividade 3**).

Ainda junto ao 1º moinho, pode observar-se um plano de falha com direcção N10E e inclinação 80E (**anexo A.2 - actividade 4**). As estrias são bem visíveis indicando o movimento da falha.

Na **actividade 5** (anexo A.2 da Actividade de Campo do Alto de S. Bento) observa-se o contacto de um enclave de micaxisto com os granitóides. No micaxisto é evidente a foliação resultante do metamorfismo que terá afectado as rochas encaixantes antes do processo de intrusão dos granitóides (figura 5.2.11).



Figura 5.2.10 - Filão aplítico-pegmatítico



Figura 5.2.11 - Contacto entre o granitóide e o enclave metamórfico (micaxisto)

III.2. Pós actividade de campo

1) OBSERVAÇÃO MACROSCÓPICA DA AMOSTRA



Figura 5.2.12 - Granitóide do Alto de S. Bento [ASB]

Nesta actividade os alunos devem apresentar uma descrição sucinta das características observáveis a olho nú, dando especial ênfase à mineralogia e à textura da amostra (figura 5.2.12).

A amostra em causa expõe uma textura típica de uma rocha ígnea cristalina com uma distribuição aleatória dos minerais que a constituem. Apresenta uma textura holocristalina (constituída em mais de 90% por cristais), fanerítica (grãos visíveis a olho nú), de grão médio a grosseiro (variável de 2 a 10 mm) e leucocrata.

É uma rocha poliminerálica constituída essencialmente por quartzo, feldspatos e micas (biotite e moscovite). Os grãos de quartzo representam os grãos de maiores dimensões.

Com base na observação efectuada, conclui-se que se trata de uma rocha ígnea e plutónica que se inclui na família dos granitos - granitóide.

2) AMOSTRA EM LÂMINA DELGADA

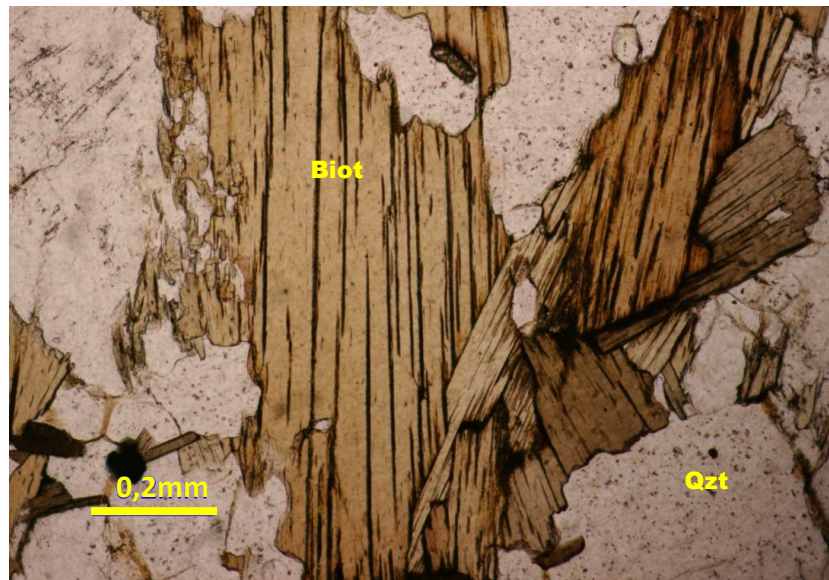


Figura 5.2.13 - Observação microscópica de Granitóide [ASB] obtida com nicóis paralelos

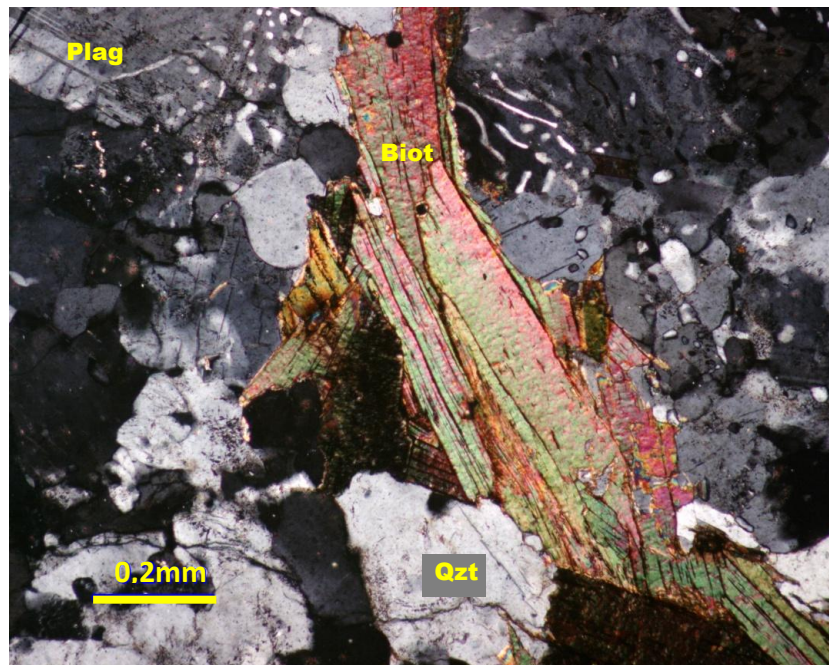


Figura 5.2.14 - Observação microscópica de Granitóide [ASB] obtida com nicóis cruzados

Ao microscópio observa-se a textura da rocha, granular de grão médio a grosseiro, e identificam-se os principais minerais da amostra: quartzo, plagioclase e biotite (figuras 5.2.13 e 5.2.14).



Bibliografia

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Alto de S. Bento, Évora

Bibliografia

AMADOR, Filomena; MENDES, Alcina et al

- 2003 Programa de Biologia e Geologia do 11º ou 12º ano, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, Lisboa: Ministério da Educação

APALATEGUI, O.; EGUILUZ, L. and QUESADA, C.

- 1990 “3. Structure”, in R. D. Dalleyer and E. Martinez Garcia (Eds.), **Pré-Mesozoic Geology of Ibéria**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 280-286

ARAÚJO, A. Alexandre

- 2006 “O Varisco do Sector Sul de Portugal”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora

ARAÚJO, A. Alexandre et al

- 2006 “As Regiões Central e Sul da Zona de Ossa-Morena”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora

BATISTA, M.J.

- 2003 “Comportamento de Elementos Químicos no Sistema Rocha-solo-sedimento na Área Mineira de Neves Corvo: Implicações Ambientais”, Aveiro: Universidade de Aveiro (Tese de Doutoramento)

CARVALHOSA, A.

- 1983 “Esquema Geológico do Maciço de Évora”, **Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal**, Tomo 69 (2): 201-208

CARVALHOSA, A. et al

- 1969 **Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, Notícia Explicativa da Folha 40-A Évora**, Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal

CARVALHOSA, A. e ZBYSZEWSKI, G.

- 1994 Notícia Explicativa da Folha 35-D Montemor-o-Novo, Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro

DIAS, Rui

- 2007 **Evolução - Portugal de Antes da História**, Évora: Centro de Ciência Viva de Estremoz, Universidade de Évora
- s/d “Os Materiais Terrestres”, Textos de apoio da Pós-graduação em Dinâmica de Processos Geológicos, Universidade de Évora

MOITA, Patrícia

- 2008 “Granitóide no SW da Zona Ossa Morena (Montemor-o-Novo/Évora), Petrogénese e processos geodinâmicos”, Évora: Universidade de Évora (Tese de Doutoramento)

OLIVEIRA, J. T.; OLIVEIRA, V. e PIÇARRA, J. M.

- 1991 “Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa-Morena, em Portugal”, **Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe** v.16: 221-250

PEDRO, J. et al

- 2006 “Ofiolitos e Metamorfismo de Alta Pressão”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg (Eds.), **Geologia de Portugal no contexto da Ibéria**, Universidade de Évora: 195-206

PEREIRA, Manuel Francisco et al

- in prep “Mação de Évora”

PRESS, Frank and SIEVER, Raymond

- 1998 **Understanding Earth**, New York: W. H. Freeman and Company

RIBEIRO, António

- 2006a “A Evolução Geodinâmica de Portugal”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora

RIBEIRO, Cristina

- 2006b “Cartografia de Rochas Ígneas: Análise da Orientação Preferencial de Fenocristais de Feldspato para Caracterização do Fluxo Magmático nos Granitóides Porfíroides do Alto de São Bento (Mação de Évora, Zona de Ossa Morena)”, Évora: Universidade de Évora (Tese de Mestrado)

RIBEIRO, António et al

- 2007 “Geodynamic Evolution Of The SW Europe Variscides”, **Tectonics**, v.26, TC6009, doi: 10.1029/2006TC002058

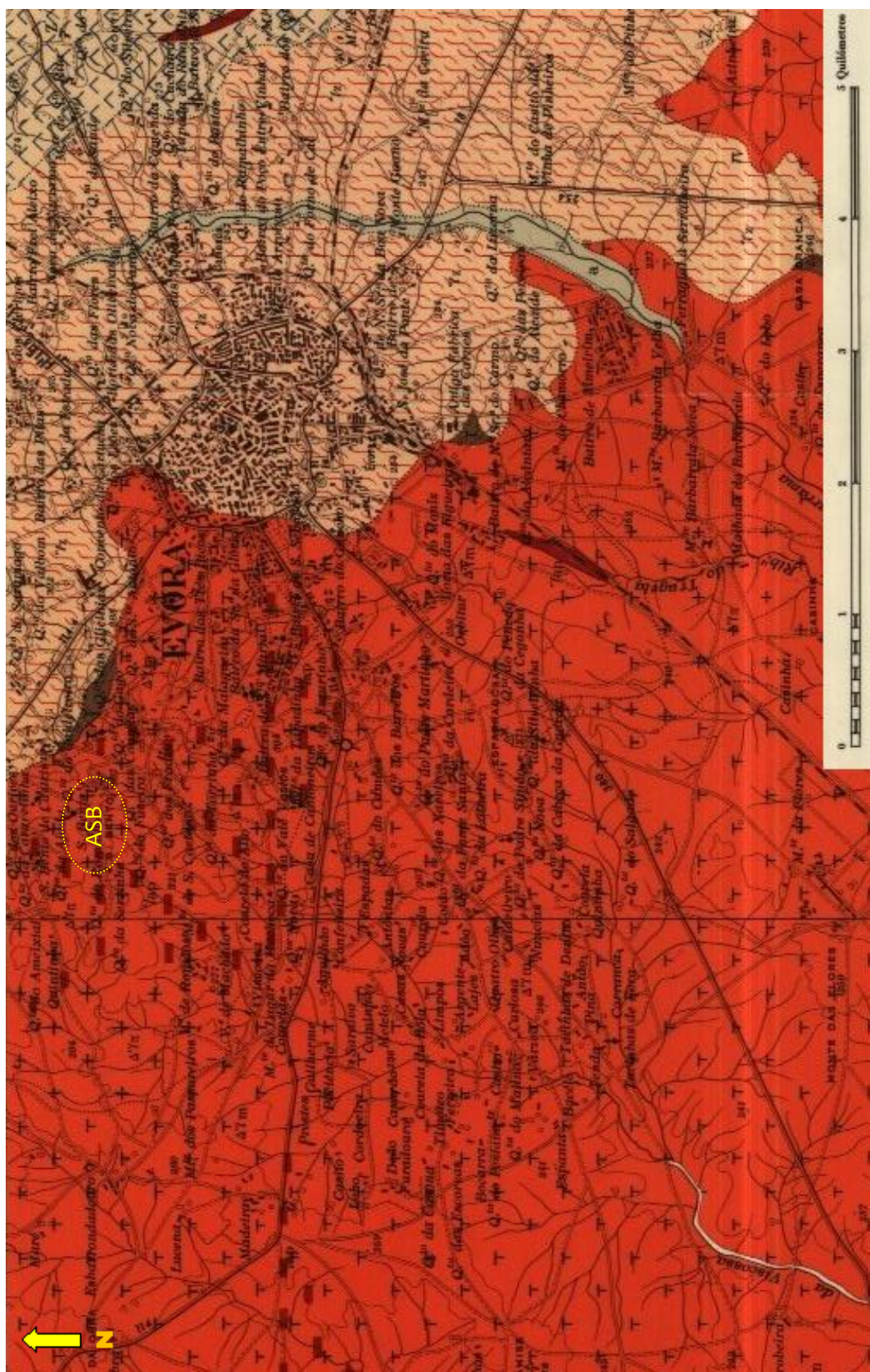
ROCHA, Rodrigo Camargo et al

- 2009 “Transected folds with opposite patterns in Terena Formation (Ossa Morena Zone, Portugal): anomalous structures resulting from sedimentary basin anisotropies”, **Geodinamica Acta** 22/4: 157-163



Anexos

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia Alto de S. Bento, Évora



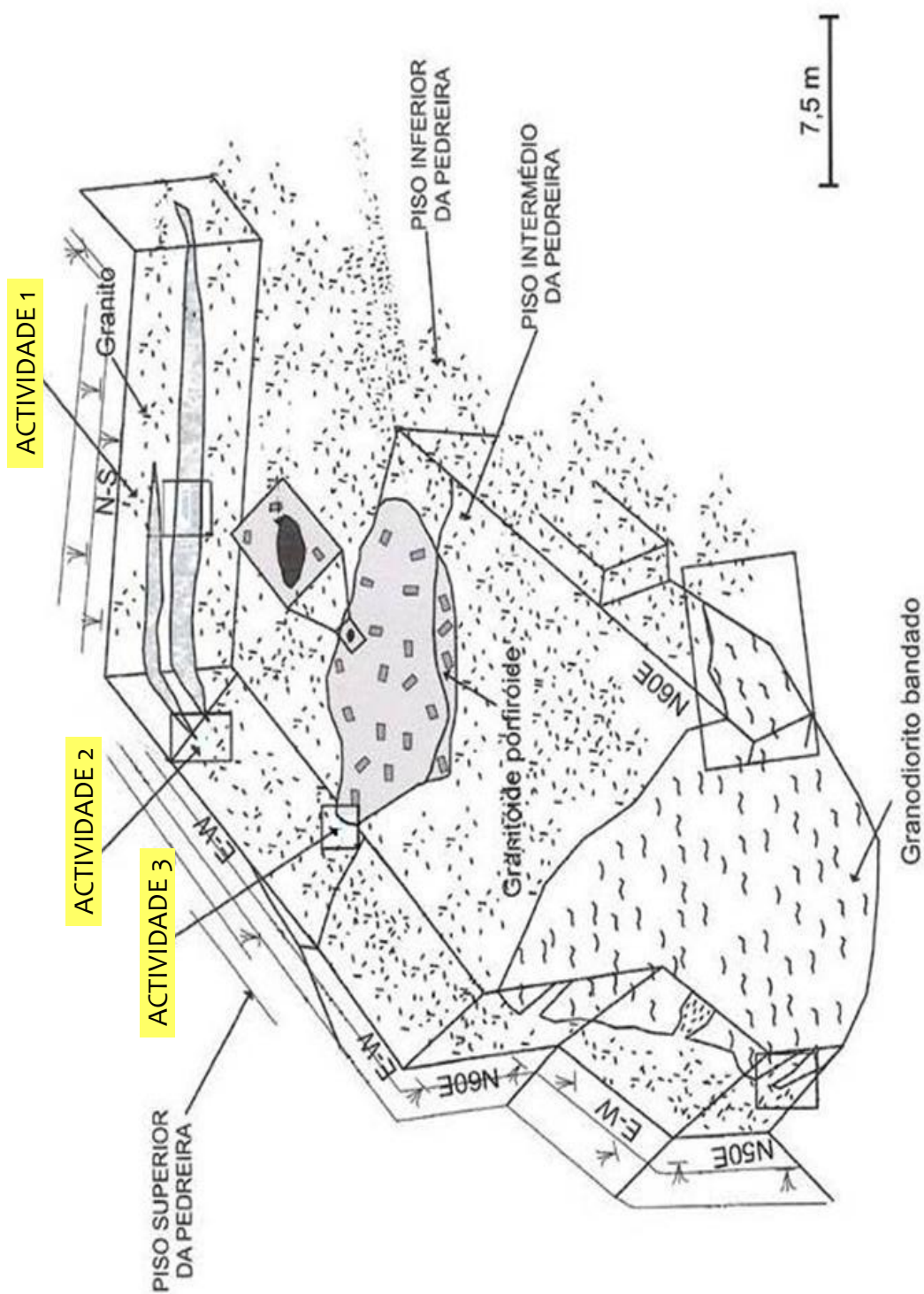
Anexo A.1 – Excerto da Carta Geológica de Portugal, folha 40-A (Évora), na escala de 1:50 000, com localização do Alto de S. Bento (Adaptado de Carvalhosa et al 1969)

	Aluviões	Cenó-antropozóico
	Depósitos de cascalheiras	
	Micaxistos	Séries cristalofílicas, azóicas, de idade indeterminada
	Rochas verdes	
	Quartzitos	
	Calcários e dolomitos	
	Leptinitos	
	Corneanas (s. l.)	
	Gnaisses granitóides e migmatitos	Rochas eruptivas de idade hercínica
	Granito porfíroide de grão grosseiro a médio	
	Granito de grão fino, não porfíroide	
	Quartzodiorito e granodiorito porfíroide de grão grosseiro a médio	
	Quartzodiorito e granodiorito de grão médio, não porfíroide	
	Quartzodiorito e granodiorito de grão fino, não porfíroide	
	Porfíros da região de Beja	
	Gabro e diorito	
	Filões de quartzo	
	Filões apfita-pegmatíticos	
	Zonas de filões e massas apfita pegmatíticas	Rochas filonianas

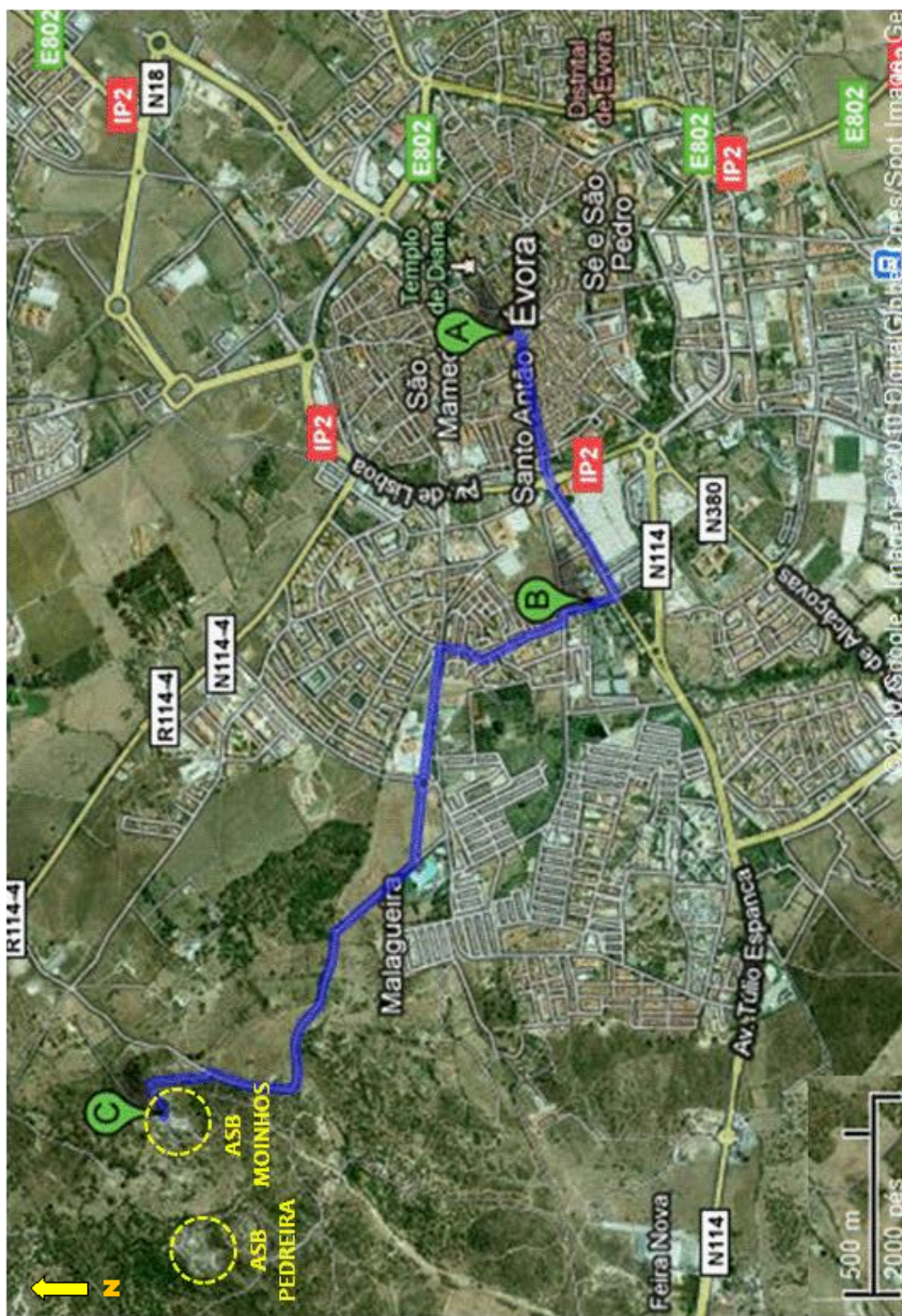
Anexo A.1.1 – Legenda do anexo A.1



Anexo A.2 – Moinhos do Alto de S. Bento: Localização das Actividades de Campo – Guião A



Anexo A.3 – Pedreira do Alto de S. Bento. – Esquema representativo dos três pisos: superior, intermédio e inferior (Adaptado de Ribeiro 2006b)



Anexo A.4 – Percurso entre a Praça do Geraldo (A), Escola Secundária André de Gouveia (B) e Alto de São Bento (C)



Actividades de Campo no Ensino da Geologia: Mina de S. Domingos, Mértola

5.3.



I. Introdução

*Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
O impacto ambiental da Mina de S. Domingos*

I. Introdução

Na preparação da actividade de campo devem ser trabalhados, em situação de sala de aula, por um lado, os conteúdos conceptuais mencionados nas orientações programáticas da disciplina de Biologia e Geologia, relativos à unidade “Exploração sustentada de Recursos Geológicos” e, por outro lado, a resolução de algumas tarefas importantes para o conhecimento geológico do local de inserção da mina e da sua actividade extractiva.

Como sugestão podem ser realizadas as seguintes tarefas:

A.Recolha de dados relativos à exploração da mina.

B.Análise da carta geológica de Portugal à escala 1/50.000, folha 46-D de Mértola;



II. Guião da Actividade de Campo

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
O impacto ambiental da Mina de S. Domingos

II. Guião da Actividade de Campo

II.1. Objectivos da actividade

A actividade prática de campo enquadra-se nas unidades “Processos e Materiais geológicos importantes em ambientes terrestres” e “Exploração sustentada de recursos geológicos”, da disciplina de Biologia e Geologia, 11º ano de escolaridade.

A actividade desenvolve-se em três fases - preparação, execução e síntese - que decorrerão em locais diferentes – escola; mina de S. Domingos e zona envolvente; e, escola - e em momentos diferentes.

Os seus objectivos são:

- Reconhecer, com base na observação das rochas à superfície, a sua litologia.
- Reconhecer, no campo, estruturas geológicas anteriormente estudadas.
- Identificar o impacto ambiental causado pela mina.
- Desenvolver atitudes de valorização do património geológico e ambiental.
- Reconhecer a necessidade de aplicação de práticas que visem minimizar o impacto ambiental na região de abrangência da mina.
- Utilizar alguns instrumentos e técnicas usuais no trabalho de campo em geologia.
- Aumentar o interesse e a motivação pela Geologia, em geral, e pelo trabalho de campo, em particular.

II.2. Preparação da actividade na sala de aula

Em grupo, sob a orientação do professor, prepare a actividade que vai desenvolver.

Sugestões:

- Analise a informação que consta do Guião.
- Trabalhe a informação disponibilizada na carta geológica de Portugal à escala 1/50.000, folha 46-D Mértola.
- Localize no anexo A.2, da Actividade de Campo da Mina de S. Domingos, o percurso da actividade de campo que vai desenvolver.
- Proceda a uma pesquisa de informação sobre a história da Mina de S. Domingos.

II.3. Actividade de campo

II.3.1. Caracterização do local

II.3.1.1. Localização

A mina de S. Domingos localiza-se no concelho de Mértola, a cerca de 5 km da fronteira espanhola (figura 5.3.1).



Figura 5.3.1 – Localização da Mina de S. Domingos, Mértola

II.3.1.2. Enquadramento geológico da região

A Mina de S. Domingos situa-se na Faixa Piritosa Ibérica (FPI), um dos domínios da Zona Sul Portuguesa, localizada na parte SW da Península Ibérica (figura 5.3.2).

A visita que vai realizar decorrerá ao longo de uma transversal ao anticlinal do Pomarão, onde se pode encontrar a unidade geológica mais antiga da FPI, designada por núcleo Filito-Quartzítico (Anexo A.1 - Carta Geológica de Portugal, Folha 46-D, Mértola).

Este núcleo engloba rochas metamórficas como os quartzitos e os xistos, que se originaram da deposição de areias, siltes e argilas em zona de plataforma pouco profunda. A idade deste complexo está compreendida entre 360 a 352 Ma.

Sobre esta unidade foi depositado um Complexo Vulcano-Sedimentar constituído por rochas sedimentares ou vulcano-sedimentares e por rochas vulcânicas. Esta unidade demonstra a ocorrência de actividade vulcânica intermitente no fundo do mar, há cerca de 352 a 330 Ma atrás.

Associada à actividade vulcânica ocorreu a formação dos jazigos minerais através de fenómenos de metamorfismo hidrotermal. A libertação e precipitação dos fluidos hidrotermais deu origem a massas de sulfuretos ricos em ferro, cobre, zinco, chumbo, prata e ouro.

Por último, sobrepondo-se ao Complexo Vulcano-Sedimentar, depositou-se em meio marinho uma sequência de sedimentos turbidíticos (grauvaques e pelitos), com vários quilómetros de espessura, que faz parte do Grupo do Flysch do Baixo Alentejo, com idade compreendida entre os 340 e os 330 Ma.

II.3.2. Material necessário para a actividade de campo

- | | |
|---|--------------------------------|
| ✓ Excerto da carta geológica de Portugal
folha 46-D Mértola, à escala 1/50.000 | ✓ Sacos para amostras |
| ✓ Martelo de geólogo | ✓ Frasco de vidro com tampa |
| ✓ Bússola de geólogo | ✓ Etiquetas |
| ✓ Lupa | ✓ Máquina fotográfica |
| ✓ Caderno de Campo | ✓ Roupa e calçado confortáveis |
| ✓ Lápis e borracha | ✓ Mochila |
| | ✓ Água |

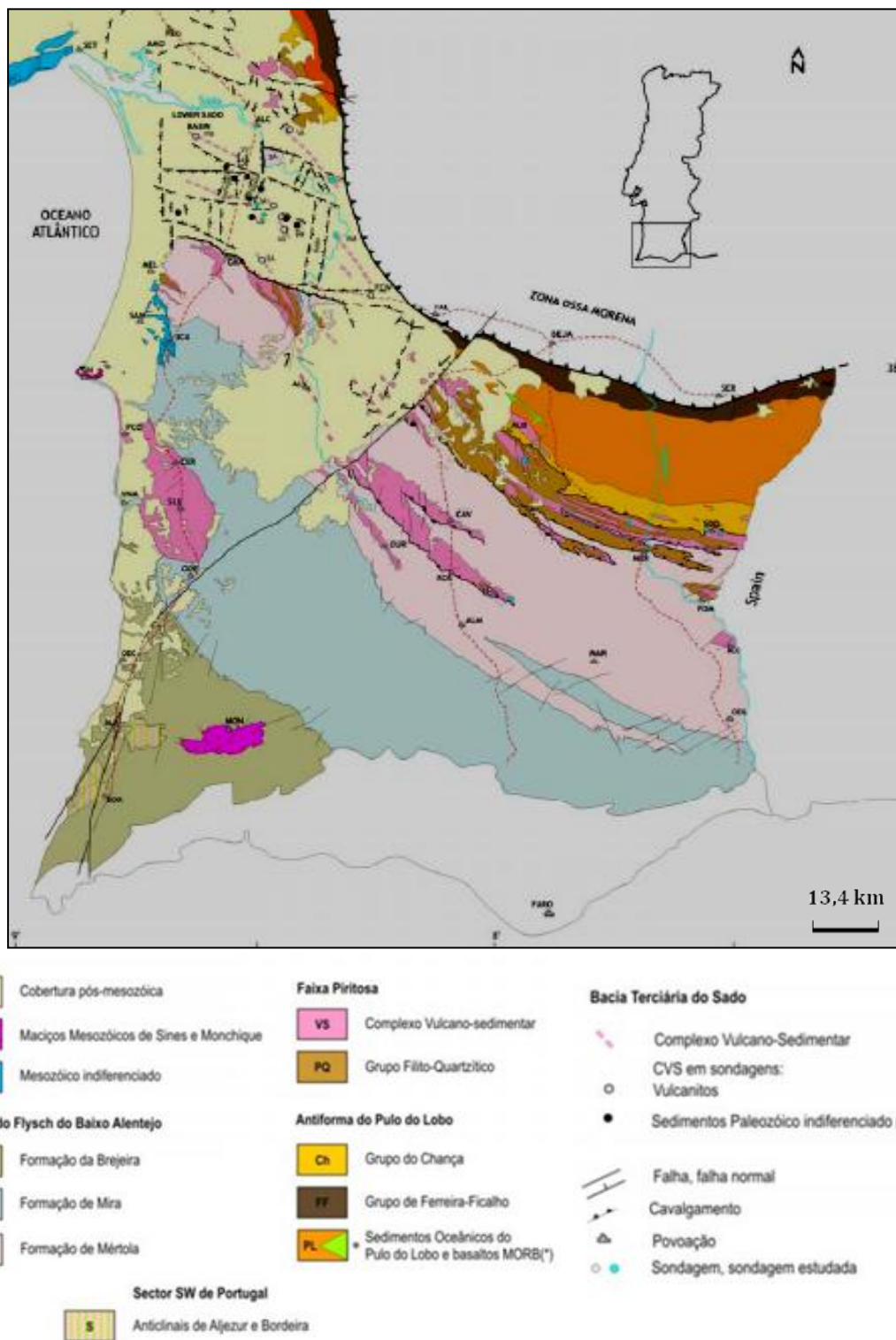


Figura 5.3.2 – Mapa Geológico esquemático da Zona Sul Portuguesa (Pereira 2007)

II.3.3. Actividades de campo

II.3.3.1. Actividade 1: Anticlinal do Pomarão

Paragem1- Salgueiros

A formação visível perto da estrada para Salgueiros pertence ao Grupo do Flysch (GF) do Baixo Alentejo. Este GF de idade mais recente é constituído por alternância de pelitos e grauvaques (figura 5.3.3). Estas formações, designadas por turbiditos, são típicas de ambientes sedimentares caracterizados pela ocorrência de avalanches subaquáticas resultantes do desmantelamento da atalude continental.

Desta forma originam-se sequências granulométricas positivas a observar nos grauvaques na barreira da estrada.

Turbiditos: depósitos sedimentares originados por correntes submarinas com elevada turbidez, durante as quais se depositam partículas de maiores dimensões, alternando com correntes mais calmas onde ocorre a deposição de partículas mais finas.



Figura 5.3.3 – Bancadas de pelitos e grauvaques, barreira de estrada, Salgueiros

- 1) Localize na Carta Geológica (anexo A.1 ou, em alternativa, no A.2) a zona onde se encontra.
- 2) Com base nos dados fornecidos indique a idade relativa das formações que constituem o anticlinal onde se situa a Mina de S. Domingos.
- 3) Esquematize na figura 5.3.4 a sequência pelito-grauvática observada, evidenciando a polaridade positiva.
- 4) Classifique as rochas (em magmáticas, sedimentares ou metamórficas) que esquematizou.
- 5) Recolha uma amostra de grauvaque. Indique na amostra a base e o topo do estrato de onde a retirou.

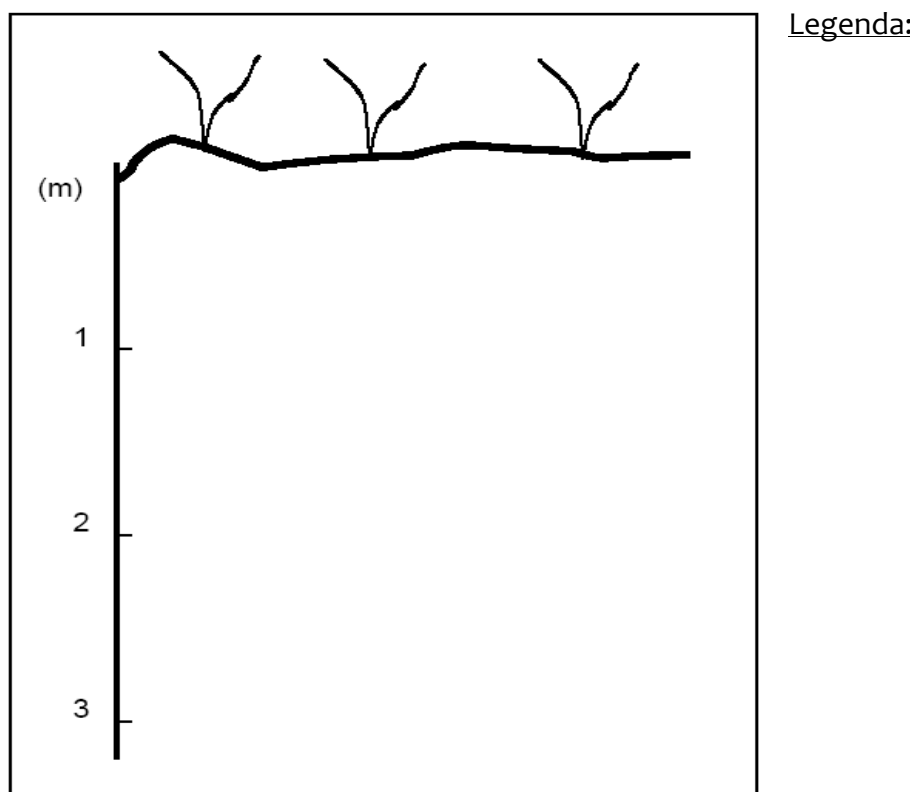


Figura 5.3.4 – Esquema de resposta

Paragem 2 – Complexo vulcano-sedimentar

Entre a estrada e a linha de caminho de ferro são visíveis os xistos borras de vinho nos quais são observáveis algumas impregnações de manganês (figura 5.3.5-foto 2). A sua cor avermelhada deve-se à presença de ferro.

Seguindo a linha de caminho de ferro, após o túnel (figura 5.3.5-foto 1), são observáveis várias formações de xistos negros, cinzentos e borra de vinho (figura 5.3.5-fotos 2 e 3). Estas rochas são indicadoras de ambientes de formação calmos, redutores a oxidantes. Ainda durante este trajecto identificam-se rochas vulcânicas ácidas, de grão fino, e rochas vulcânicas básicas de grão mais grosseiro, podendo apresentar disjunção esferoidal (figura 5.3.5-foto 4), associando-se a sua génese a ambientes de abertura de um oceano.

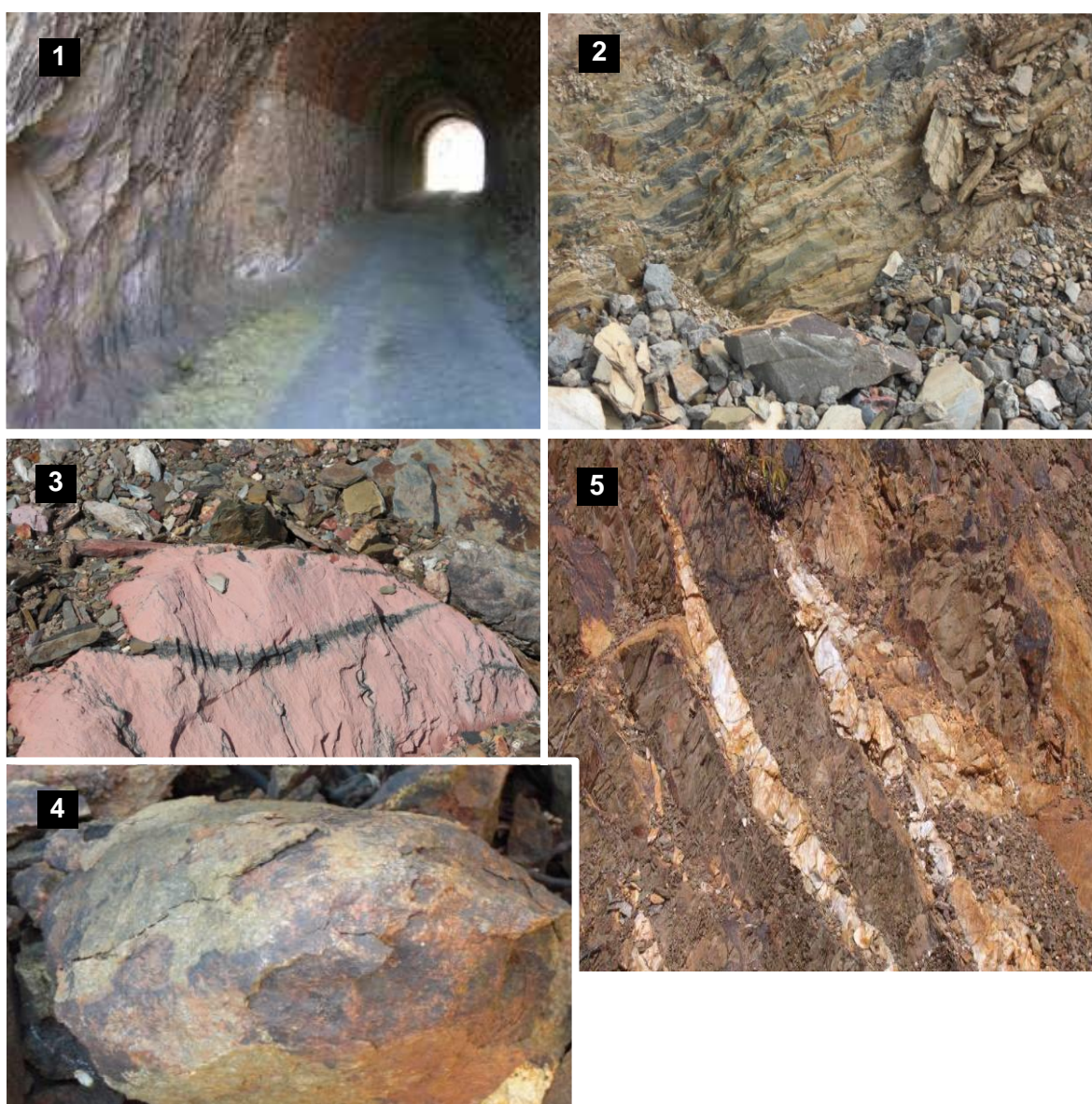


Figura 5.3.5 - Trajecto ao longo da linha de caminho de ferro (Fotos 1, 2, 3 e 4). Veios de quartzo (Foto 5)

- 1) Procure ao longo do trajecto veios de quartzo como os representados na figura 5.3.5-foto 5. Fotografe-os.
- 2) Apresente uma hipótese que explique a sua formação.

Paragem 3 – A caminho do Pomarão

Antes da descida para o Pomarão entra-se no Complexo filito-quartzítico. Junto à estrada é visível a alternância entre xistos e quartzitos altamente deformados (figura 5.3.6).



Figura 5.3.6 – Complexo filito-quartzítico, na barreira da estrada junto ao Pomarão

- 1) Observe o corte da barreira da estrada e descreva-o tendo em conta:
 - A. Diversidade litológica
 - B. Grau de deformação.
- 2) Infira sobre a natureza do campo de tensões predominante durante a génese desta formação.

Paragem 4 – Junto ao cais de embarque

Descendo ao Pomarão pode observar-se o término da linha de caminho de ferro construído pelos Ingleses, com materiais rochosos retirados da zona envolvente da mina (Figura 5.3.7).



Figura 5.3.7 – Cais de embarque do Pomarão

Registe em fotografia a cor apresentada pelo solo na zona da linha de caminho de ferro e no cais de embarque do minério.

II.3.3.2. Actividade 2: Mina de S. Domingos

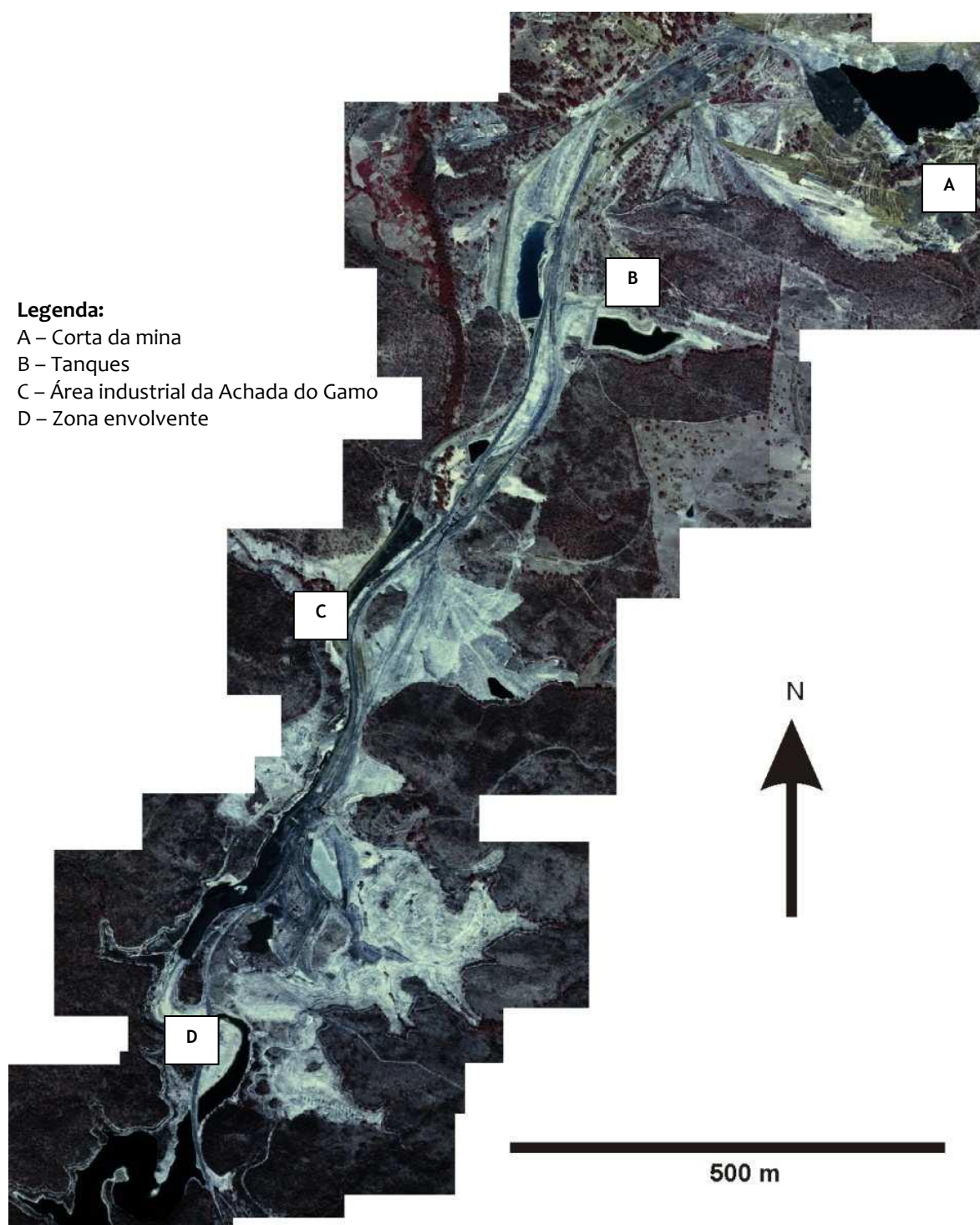


Figura 5.3.8 – Mina de S. Domingos e zona envolvente

Paragem 1- Corta da Mina



Figura 5.3.9 - Corta da Mina de S. Domingos

A corta da mina de S. Domingos é um ex-líbris da mineração no sul de Portugal, quer pela sua beleza paisagística, quer pelo seu elevado potencial museológico.

A zona central da corta encontra-se preenchida por um lago de águas ácidas (aproximadamente pH de 2,5) em equilíbrio com as escórias (figura 5.3.9). Na zona superior podemos encontrar os vestígios de galerias da exploração aurífera dos romanos. Na corta são visíveis depósitos de escórias de cor negra (mais recentes) e de cor avermelhada (exploração romana), assim como de rochas encaixantes da mineralização, onde se destacam os vulcanitos e os xistos. A parte superior dos taludes encontra-se alterada devido a fenómenos de lixiviação que arrastaram os sulfuretos, restando apenas os óxidos.

Registe:

- A. A cor da água que preenche a zona central da corta.
- B. A cor dos depósitos de escórias.

Paragem 2- Área industrial da Achada do Gamo



Após a zona da corta, a caminho da Achada do Gamo, encontram-se os tanques de extracção de metais. Aqui o minério era moído e lixiviado por acção de soluções ácidas.

Figura 5.3.10 - Tanques de lixiviação do minério



A Achada do Gamo era a zona de tratamento do minério para extracção dos metais. Como resíduos eram obtidas as escórias que permanecem acumuladas, ainda hoje, em grande quantidade na zona envolvente às oficinas. Alguns fragmentos de rochas ainda contêm pirite.



Figura 5.3.11 - Área industrial da Achada do Gamo

Utilize o martelo e fragmente um pedaço de rocha de modo a observar a pirite.

Paragem 3 – Zona envolvente da mina

Como consequência da lixiviação das escórias podemos encontrar a presença de metais tóxicos nos solos (figura 5.3.12-1) e na rede hidrográfica (figura 5.3.12-2). Estes elementos tóxicos são os responsáveis pela alteração da cor dos solos e da água.

Ao longo de toda a rede hidrográfica é constante a presença de *Erica andevalensis*, planta muito tolerante a águas ácidas com elevadas concentrações de metais pesados (figura 5.3.12-3).

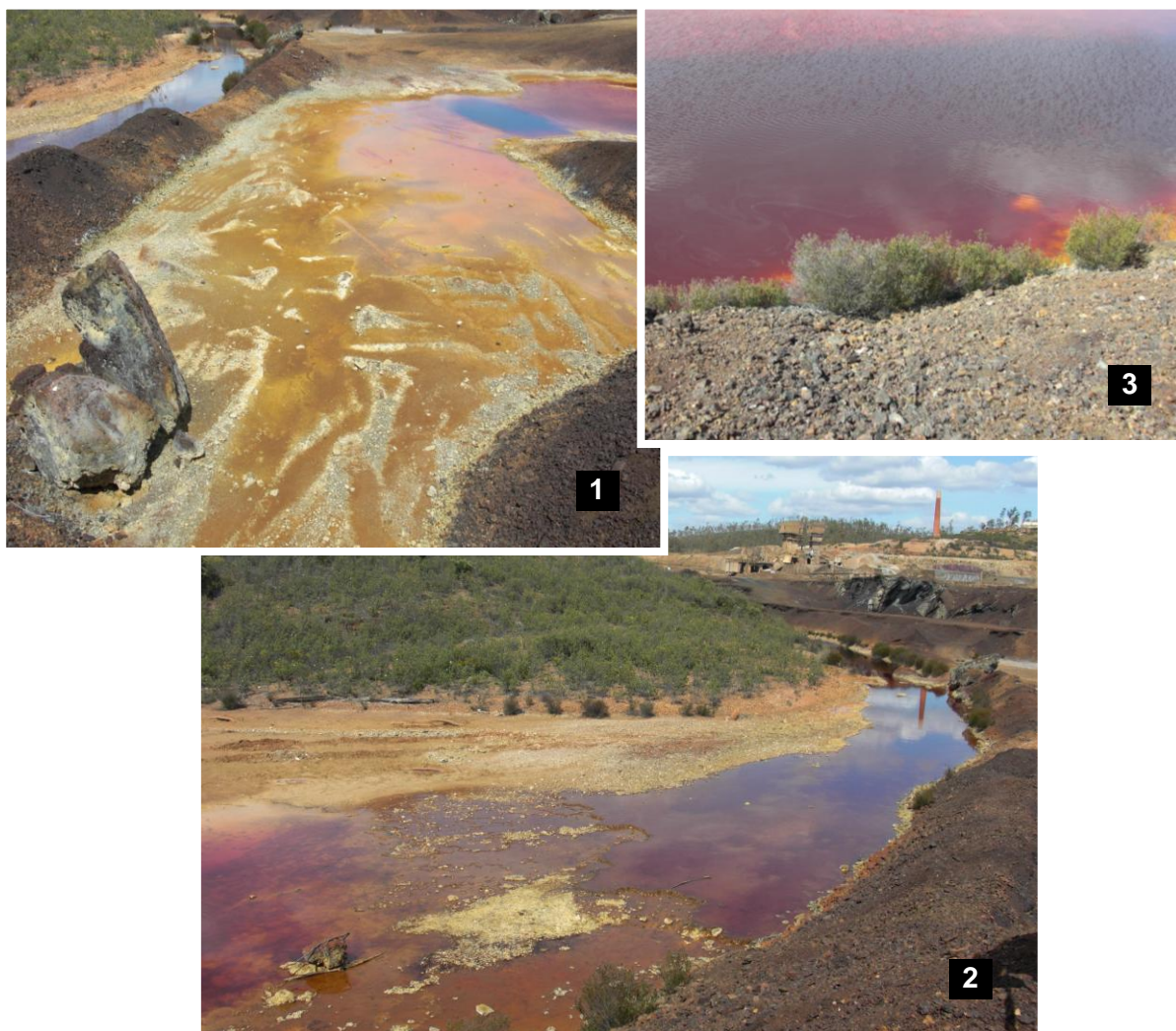


Figura 5.3.12 – Contaminação da zona envolvente da mina

Quando o tempo fica quente e seco, nas margens dos lagos que existem nesta área, ocorre a precipitação de sulfatos hidrossolúveis (figura 5.3.13).

Recolha uma amostra.



Figura 5.3.13 – Sulfatos

II.4. Pós actividade de campo

- 1) Estudo da amostra recolhida na primeira paragem da actividade 1.
 - a) Faça a descrição macroscópica da amostra.
 - b) Observe ao microscópico petrográfico a lâmina delgada. Descreva o que observa.
 - c) Infira sobre a posição actual do estrato relativamente à sua génese.
- 2) Pesquise e apresente algumas estratégias de minimização de impacto ambiental que possam ser aplicadas em solos contaminados como os da zona envolvente da mina de S. Domingos.

II.5. Avaliação da actividade

Organização de uma exposição para divulgação do trabalho desenvolvido pelos alunos e, eventualmente, a realização de conferências temáticas.



III. Sugestões de Resolução do Guião

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
O impacto ambiental da Mina de S. Domingos

III. Sugestões de Resolução do Guião

III.1. Actividade de campo

Actividade 1- Anticlinal do Pomarão

Paragem 1 - Salgueiros

Junto à entrada de Salgueiros, na barreira de estrada, observa-se a alternância de bancadas de grauvaques e pelitos pertencentes ao grupo flysch do Baixo Alentejo (figura 5.3.14). Este grupo constitui a formação mais recente do anticlinal do Pomarão (Carbónico inferior), podendo observar-se as formações mais antigas (Complexo vulcano-sedimentar e Grupo Filito-Quarzitico) nas paragens 2 e 3, respectivamente.

Observando atentamente os grauvaques podemos verificar que as bancadas apresentam uma polaridade normal.

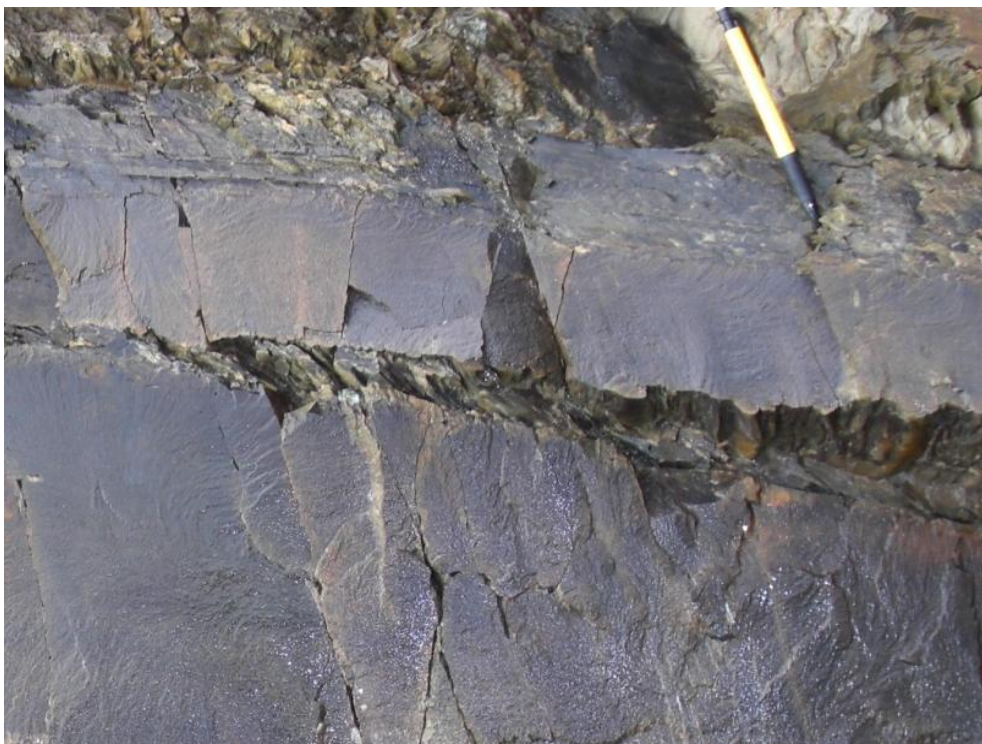


Figura 5.3.14 – Polaridade nas bancadas de grauvaques

Paragem 2 - Complexo vulcano-sedimentar

Deve parar no local onde a estrada nacional intercepta a antiga linha de caminho-de-ferro. De seguida deve encaminhar-se para a linha. No percurso entre a estrada e a antiga linha observam-se litologias que indicam um ambiente redutor como, por exemplo, os xistos negros (Fe^{2+}) e outras que indicam um ambiente oxidante, como os xistos borras de vinho (contêm Fe^{3+} e Mn) nos quais são observáveis algumas impregnações de óxidos de manganês.

À medida que nos aproximamos da linha de caminho-de-ferro podemos identificar um intenso cheiro a enxofre. Tal facto deve-se aos materiais utilizados na construção da linha de comboio terem sido oriundos da mina.

Seguindo ao longo do túnel pode observar-se, com frequência, a precipitação de sulfatos. Tratando-se de um local abrigado o processo de lixiviação é menos intenso e, em qualquer época do ano, é frequente encontrarem-se sulfatos.

Ultrapassado o túnel encontram-se litologias típicas de um complexo vulcano-sedimentar: rochas vulcânicas de natureza ácida, rochas vulcânicas máficas e rochas sedimentares. Neste percurso observam-se, frequentemente, veios de quartzo resultantes da precipitação, numa fase tardia, de fluidos ricos em sílica.

Paragem 3 - A caminho do Pomarão

Antes de iniciar a descida para o cais de embarque, na barreira da estrada (à direita), as litologias que se observam pertencem ao Complexo Filito-Quartzítico. A génese deste complexo indicia a existência de uma bacia de sedimentação onde ocorreu a deposição de argilas e de areias, mais tarde deformadas e metamorfizadas com o fecho do oceano (campo de tensões compressivo).

Paragem 4 - Junto ao cais de embarque do Pomarão

Junto ao Rio Guadiana podemos observar, ainda, algumas infra-estruturas associadas ao embarque do minério extraído da Mina de São Domingos, cujo principal destino era a indústria metalúrgica inglesa.

Em toda esta zona, fim da linha de caminho de ferro e cais, o solo encontra-se coberto de escórias, daí a sua cor negra.

Actividade 2: Mina de S. Domingos

Paragem 1 - Corta da Mina

Podemos observar o buraco da exploração da mina, as galerias romanas, as escórias da exploração romana - as mais vermelhas - e escórias modernas facilmente identificáveis pela sua cor negra. A água que preenche o buraco apresenta uma tonalidade escura e é ácida ($\text{pH} \approx 2,5$), pelo que se deve exigir que as regras de segurança sejam cumpridas interditando os alunos de ultrapassarem as cercas de segurança.

Paragem 2 - Área industrial da Achada do Gamo

Nesta área era feito o tratamento do minério para extracção dos metais. Identificam-se claramente as escórias resultantes da ustulação (processo de extracção que consiste no aquecimento do minério, na presença de O_2 , juntamente com sílica e carbonato de cálcio para a extracção dos metais).

As escórias, resíduos que não eram aproveitadas devido à fraca quantidade de cobre, ficavam neste local armazenados. Actualmente, são a fonte principal de poluição das águas com arsénio.

Paragem 3 – Zona envolvente da mina

A contaminação da área envolvente da mina é bem visível, quer ao nível do solo quer da rede hidrográfica. Os elementos tóxicos têm origem no processo de lixiviação das escórias acumuladas um pouco por toda a zona e, em especial, na zona de tratamento do minério. Estes elementos tóxicos são os responsáveis pela alteração da cor dos solos e da água. Por precipitação destes elementos formam-se minerais de neo-formação alaranjados como a jarosite.

Ao longo de toda a rede hidrográfica é constante a presença de *Erica andevalensis*, planta muito tolerante a águas ácidas com elevadas concentrações de metais pesados. Esta planta é rara e só aparece, em Portugal, nesta região. As áreas de contaminação intensa não apresentam qualquer outro tipo de vegetação. Uma zona de eucaliptos surge numa área mais afastada onde a contaminação é mais reduzida.

III.2. Pós actividade de campo

A Mina de São Domingos constitui um bom exemplo de uma mina abandonada que continua a ser um foco de poluição da região.

No sentido de motivar os alunos para as questões ambientais considera-se que um tema desta natureza deve ser alvo de um trabalho que ultrapasse o âmbito da actividade de campo. Assim, os alunos devem ser convidados a desenvolver algumas actividades práticas laboratoriais e de pesquisa que lhes permitam enriquecer os seus conhecimentos nesta área e desenvolver atitudes de valorização do património geológico e ambiental.

Relativamente ao corte transversal ao anticlinal do Pomarão, os alunos poderão, nesta fase, complementar a actividade de campo realizando o estudo macroscópico e microscópico da amostra recolhida na primeira paragem da actividade 1.

Na observação a olho nú (figura 5.3.15) verifica-se que a rocha é constituída por detritos de diversas naturezas e de diferente granulometria. A distribuição granulométrica é heterogénea indicando a presença de polaridade normal, facto que se confirma através de observação à lupa.



Figura 5.3.15 - Grauvaque: amostra de mão recolhida em Salgueiros

Em lâmina (figura 5.3.16) confirma-se a observação anterior verificando-se o predomínio de grãos sub-angulosos. Identificam-se alguns minerais, tais como, quartzo, feldspato e opacos. As ampliações das observações microscópicas não permitem confirmar a existência de polaridade normal indicada na observação macroscópica.



Figura 5.3.16 - Observação microscópica obtida com nicóis cruzados da amostra de grauvaque. Aspecto geral da lâmina evidenciando a heterogeneidade de formas e dimensões dos detritos.



Bibliografia

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
O impacto ambiental da Mina de S. Domingos

Bibliografia

ÁLVAREZ-VALERO, A. M. et al

- 2007 “Potential environmental impact at São Domingos mining district (Iberian Pyrite Belt, SW Iberian Peninsula): evidence from a chemical and mineralogical characterization”, **Environmental Geology**, v.55: 1797-1809

AMADOR, Filomena; MENDES, Alcina et al

- 2003 Programa de Biologia e Geologia do 11º ou 12º ano, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, Lisboa: Ministério da Educação

ARAÚJO, A. Alexandre

- 2006 “O Varisco do Sector Sul de Portugal”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora

ARAÚJO, A. Alexandre et al

- 2006 “As Regiões Central e Sul da Zona de Ossa-Morena”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora

BATISTA, M.J.

- 2003 “Comportamento de Elementos Químicos no Sistema Rocha-solo-sedimento na Área Mineira de Neves Corvo: Implicações Ambientais”, Aveiro: Universidade de Aveiro (Tese de Doutoramento)

DIAS, Rui

- 2007 **Evolução - Portugal de Antes da História**, Évora: Centro de Ciência Viva de Estremoz, Universidade de Évora
- s/d “Os Materiais Terrestres”, Textos de apoio da Pós-graduação em Dinâmica de Processos Geológicos, Universidade de Évora

MATOS, João Xavier; SOARES, Sofia e CARDOSO, Claudino

- 2006 “Caracterização geológica-geotécnica da corta da mina de S. Domingos, faixa piritosa ibérica”, Comunicação apresentada no X Congresso Nacional Geotécnica, Sociedade Portuguesa de Geotécnica

MIRÃO, José e CANDEIAS, António

- s/d “Riscos Geoquímicos em Minas Abandonadas”, **Documento Web**:
<http://www.alentejolitoral.pt/downloads/ambiente/riscos%20>

OLIVEIRA, J. Tomás

- 1990 “Stratigraphy and syn-sedimentary tectonism in the South Portuguese Zone”, in R. D. Dallmeyer and E. Martinez Garcia (eds.), **Pre-Mesozoic Geology of Iberia** Springer Verlag: 334-347

OLIVEIRA, J. Tomás et al

- in prep “Geologia da Zona Sul Portuguesa, com ênfase na Estratigrafia, Vulcanologia Física, Geoquímica e Mineralizações da Faixa Piritosa”, in **Geologia de Portugal**

OLIVEIRA, J. Tomás et al

- 1990 **Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, Notícia Explicativa da Folha 46-D Mértola**, Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal

OLIVEIRA, J. T.; PEREIRA, Z.; ROSA, C.; ROSA, D. e MATOS, J.

- 2005 “Recent advances in the study of the stratigraphy and the magmatism of the Iberian Pyrite Belt, Portugal”, in R. CAROSI, R. DIAS, D. IACOPINI e G. ROSENBAUM (eds.), **The Southern Variscan Belt**, Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition 19 (9): 1441-8142

OLIVEIRA, V.; MATOS, J.; BENGALA, M. e SOUSA, P.

- 1998 “Principais alinhamentos vulcânicos a norte da Falha de Grândola, sob formações da Bacia Terciária do Sado e sua potencialidade mineira no contexto da Faixa Piritosa Ibérica”, **Actas V Congresso Nacional de Geologia**, Comunicações do IGM, Tomo 84 (2): 15-18

PEREIRA, Zélia

- 2007 “Palinoestratigrafia da Faixa Piritosa, Zona Sul Portuguesa”, Comunicação apresentada no II Encontro de Professores de Geociências do Alentejo e Algarve: Geologia, Mineralizações e Biodiversidade na Faixa Piritosa, Mértola

PEREIRA, Zélia et al

- 2007 “Devonian and Carboniferous palynostratigraphy of the South Portuguese Zone, Portugal - An overview”, **Comunicações Geológicas**, Tomo 94: 53-79

PEREIRA, Z.; PACHECO, N. e OLIVEIRA, J. T.

- 2004 “A case of applied palynology: dating the lithological succession of the Neves-Corvo mine, Iberian Pyrite Belt, Portugal”, in Th. E. WONG (ed.), **Proceedings of the XVth ICCP Stratigraphy**, R. D. Academy Arts and Sciences: 345-354

RIBEIRO, António

- 2006a “A Evolução Geodinâmica de Portugal”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora

RIBEIRO, António et al

2007 “Geodynamic Evolution Of The SW Europe Variscides”, **Tectonics**, v.26, TC6009, doi: 10.1029/2006TC002058

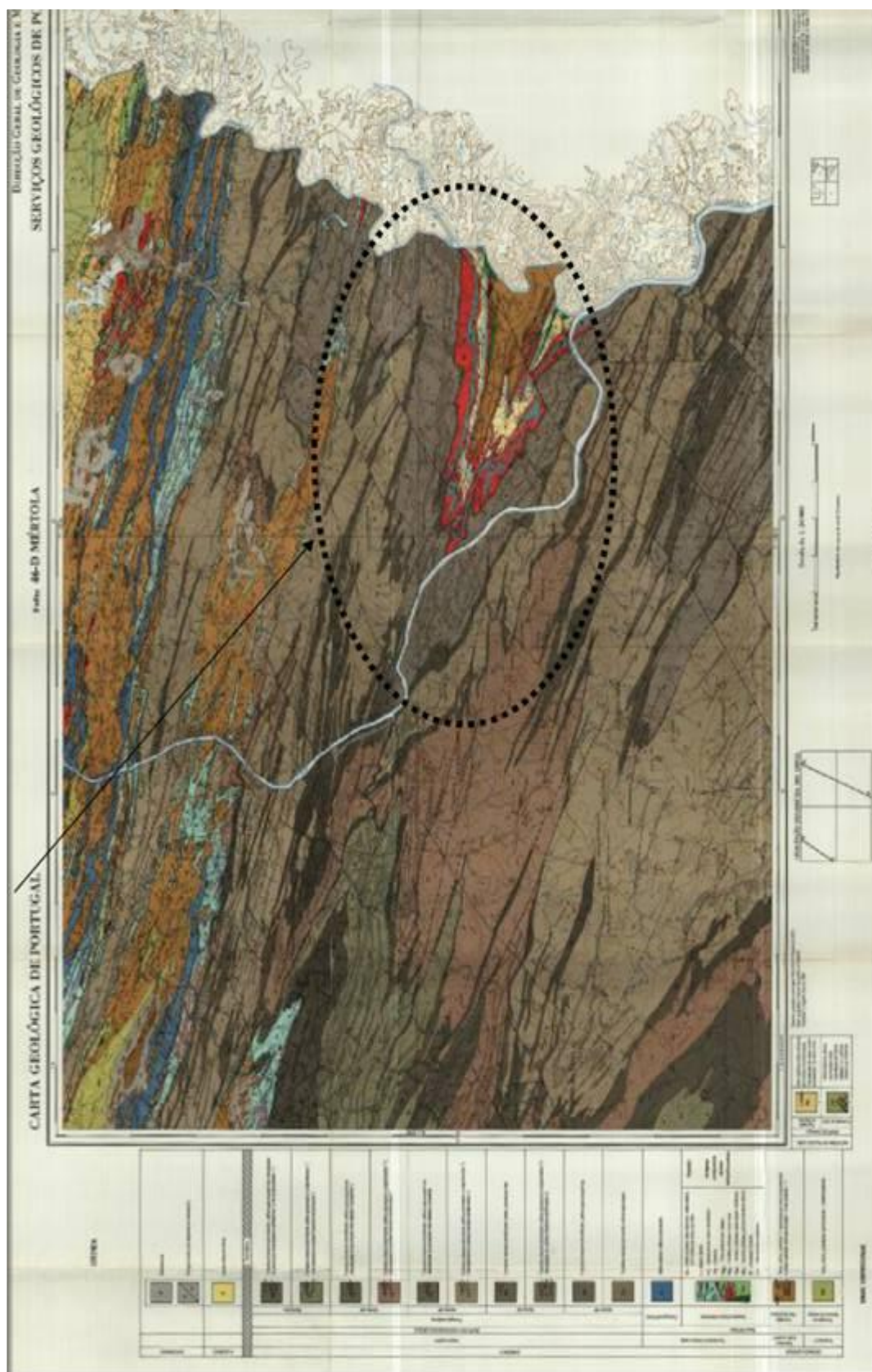
ROSADO, L. et al

2008 “Weathering of S. Domingos (Iberian Pyritic Belt) abandoned mine slags”, **Mineralogical Magazine**, v.72(1): 489–494

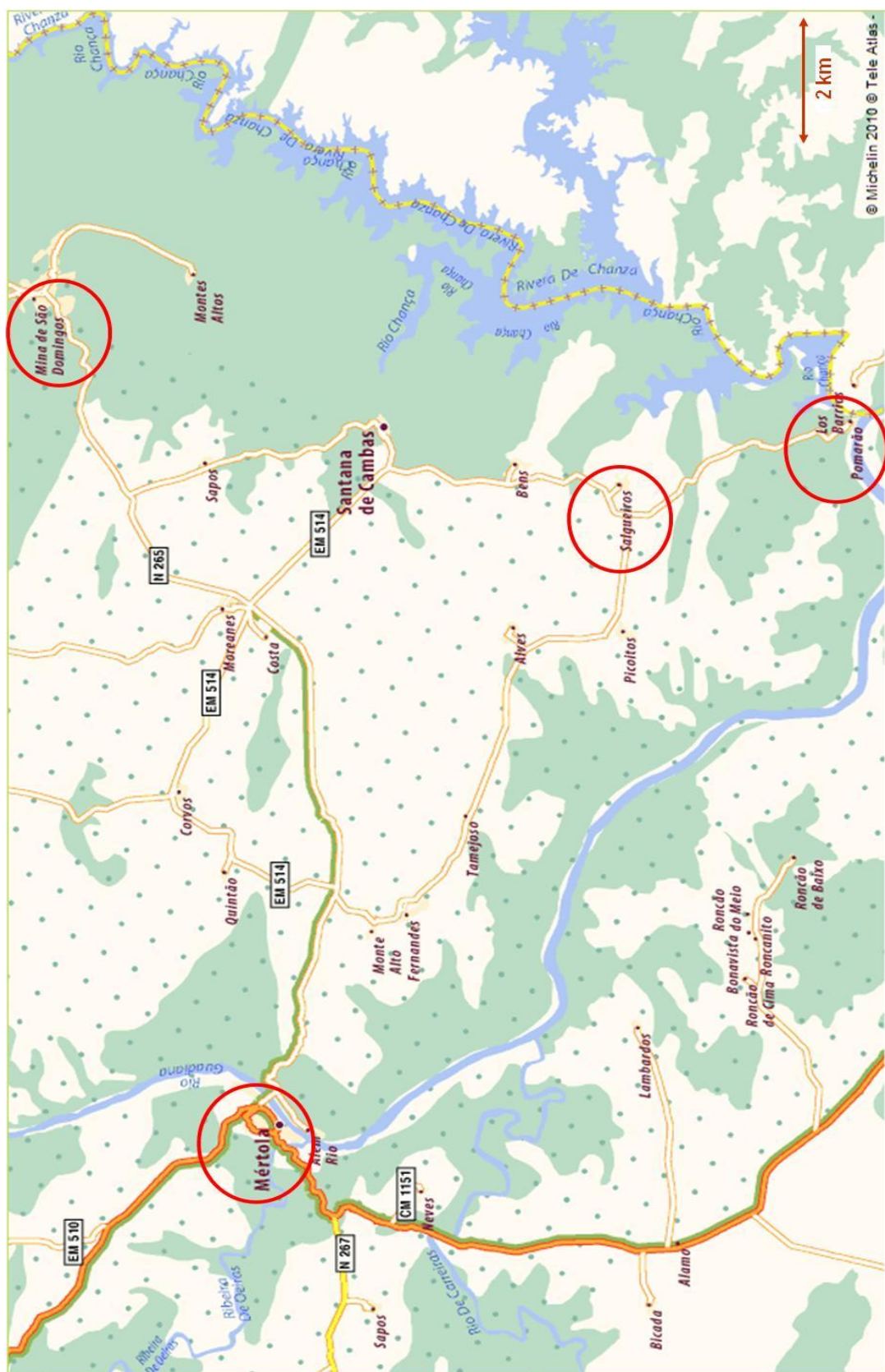


Anexos

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
O impacto ambiental da Mina de S. Domingos



Anexo A.1 – Carta Geológica de Portugal, folha 46-D (Mértola), na escala de 1:50 000, com localização do Anticlinal do Pomarão
(Adaptado de Oliveira et al 1990)



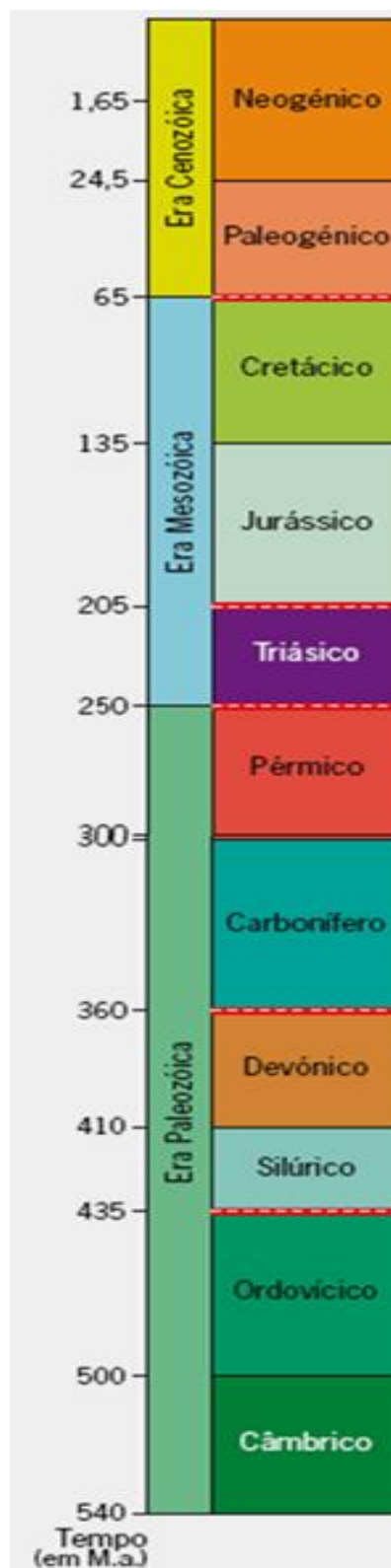
Anexo A.2 – Localização da Mina de S. Domingos, Salgueiros e Pomarão, tendo por referência Mértola



Anexo A.3 – Percorso entre Salgueiros e o Pomarão: Localização das Actividades de Campo



Anexo A.4 – Mina de S. Domingos: Localização das Actividades de Campo



Anexo A.5 – Escala do Tempo Geológico



Actividades de Campo no Ensino da Geologia: Rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, Lisboa

5.4.



I. Introdução

*Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, Lisboa*

I. Introdução

A actividade prática de campo proposta tem como finalidade o estudo dos três grupos de rochas - ígneas, metamórficas e sedimentares - numa região onde a clareza dos afloramentos lhe confere interesse didáctico.

Na preparação desta actividade devem ser treinados alguns procedimentos básicos utilizados em geologia de campo, assim como, recordados e ou reforçados os conteúdos conceptuais necessários à compreensão dos fenómenos geológicos que irão ser estudados.

Para tal sugere-se que sejam trabalhados na fase de preparação da actividade os seguintes aspectos:

- Breve abordagem ao enquadramento geológico da região no contexto geotectónico da Orla Ocidental;
- A análise macroscópica e identificação de amostras de rochas vulcânicas e sedimentares;
- Princípios básicos da estratigrafia;
- Meteorização química e física;
- Utilização da bússola como instrumento para medição de atitudes das estruturas geológicas;
- Análise de uma carta geológica.

A actividade decorre na região de Lisboa, em duas áreas distintas: Complexo Vulcânico de Lisboa - Ribeira de Fanhões e Cabeço de Montachique - e Praia da Bafureira.

Algumas sugestões para utilização da bússola e da carta geológica podem ser consultadas em anexo (Anexo II – Bússola do Geólogo e Anexo III – Carta Geológica).



II. Guião da Actividade de Campo

*Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, Lisboa*

II. Guião da Actividade de Campo

II.1. Objectivos da actividade

A actividade prática de campo enquadra-se na unidade “Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres”, da disciplina de Biologia e Geologia (11º ano).

A actividade desenvolve-se em três fases - preparação, execução e síntese - que decorrerão em locais diferentes: escola, região de Lisboa e, novamente, na escola.

Na primeira fase serão desenvolvidas alguns trabalhos prévios de preparação da saída de campo. A segunda decorrerá no campo em duas áreas distintas: uma localizada na região de Loures, onde se observam rochas ígneas e, outra, situada na zona do Estoril-Parede, onde se desenvolverão actividades relacionadas com as rochas sedimentares e metamórficas.

A última fase desta actividade tem lugar na escola e serão desenvolvidos trabalhos que complementem e sintetizem a actividade que decorreu no campo.

Com esta actividade pretende-se atingir os seguintes objectivos:

- Desenvolver competências ao nível da observação e identificação de estruturas geológicas;
- Desenvolver a capacidade de esquematizar com rigor o que observa;
- Descrever em termos de textura e composição mineralógica a rocha que aflora;
- Reconhecer, com base na observação das rochas à superfície, a sua litologia;
- Aplicar alguns princípios estratigráficos em situações de campo;
- Utilizar a bússola como instrumento de orientação e de medição de atitudes;
- Formular hipóteses explicativas dos fenómenos observados;
- Aumentar o interesse e a motivação pela Geologia, em geral, e pelo trabalho de campo, em particular.

II.2. Preparação da actividade na sala de aula

Em grupo, sob a orientação do professor, prepare a actividade que vai desenvolver.

Sugestões:

- Analise a informação que consta do Guião;

- Trabalhe a informação contida na carta geológica de Portugal folha 34-B Loures, à escala 1/50.000, e na carta geológica simplificada do Parque Natural Sintra Cascais (PNSC);
- Localize nas cartas o percurso da actividade de campo que vai desenvolver (Anexos A.1 e A.2 da Actividade de Campo).
- Recorde os princípios estratigráficos;

II.3. Actividade de campo

II.3.1. Caracterização dos locais

II.3.1.1. Localização

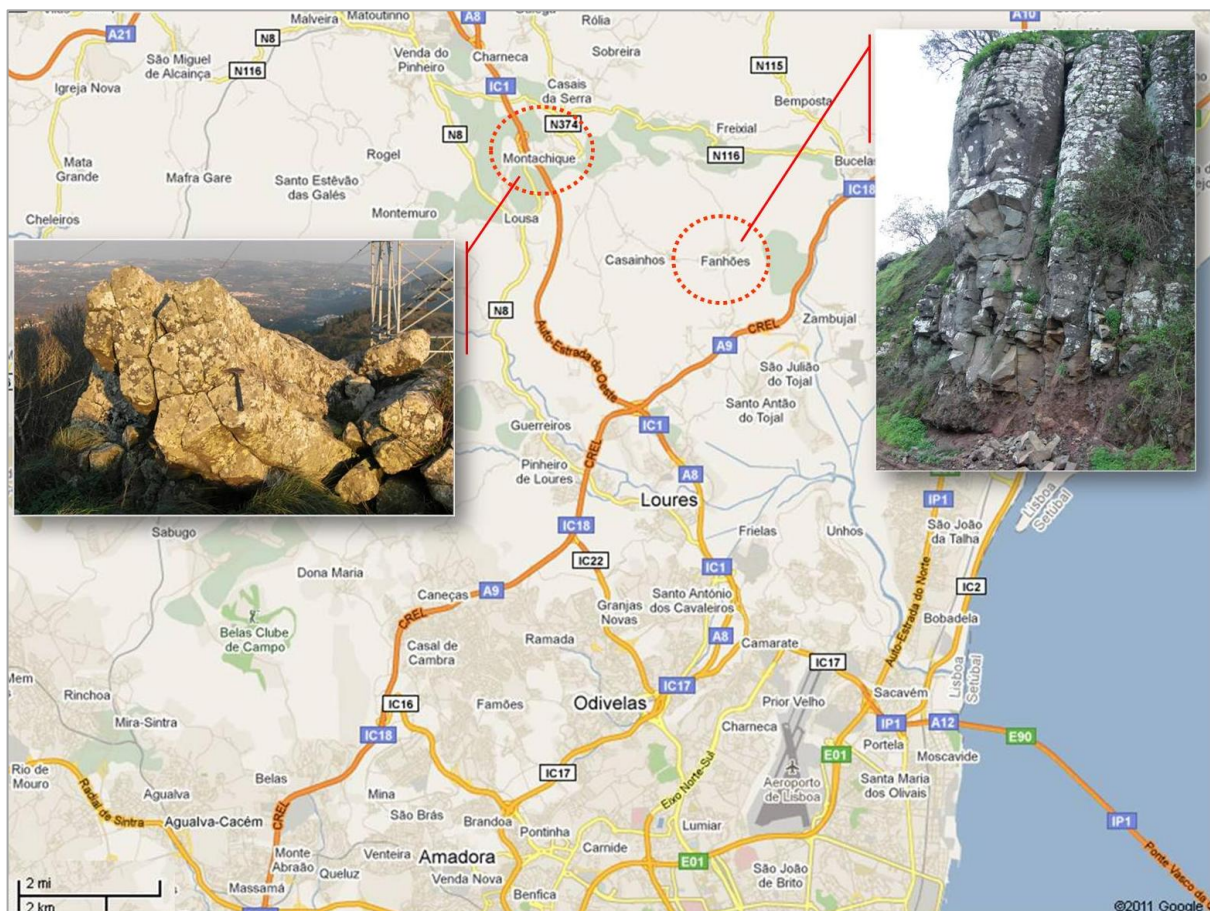


Figura 5.4.1 – Localização de Montachique e Fanhões



A região de Lisboa situa-se a oeste de Portugal Continental e está inserida na Orla Ocidental, uma das unidades paleogeográficas que constitui o território português. Afloram nesta região rochas sedimentares de idades jurássica e cretácica e rochas ígneas do Complexo vulcânico de Lisboa, também de idade cretácica.

No Cretácico superior ocorreram importantes episódios vulcânicos relacionados com a abertura e desenvolvimento do Atlântico que depositaram, sobre os calcários margosos e os calcários recifais, derrames basálticos, tufo vulcânicos e piroclastos podendo, hoje, ser observados junto à ribeira de Fanhões.

144 | Ana Maria Fialho 2011

vulcânico responsável pela maioria dos derrames que actualmente formam o complexo basáltico de Lisboa.

Em alguns afloramentos que correspondem a antigas chaminés vulcânicas encontra-se disjunção colunar. O Cabeço de Montachique é um dos locais onde esta estrutura se pode observar no material magmático solidificado no interior da chaminé vulcânica (figura 5.4.3).



Figura 5.4.3 – Chaminé vulcânica de Montachique

II.3.2. Material necessário para a actividade de campo

- | | |
|--|---------------------------------|
| ✓ Carta Geológica de Portugal folha 34-B Loures, à escala 1/50.000, e Carta Geológica Simplificada do Parque Natural Sintra Cascais (PNSC) | ✓ Lápis e borracha |
| ✓ Martelo de geólogo | ✓ Sacos para amostras |
| ✓ Bússola de geólogo | ✓ Etiquetas |
| ✓ Lupa | ✓ Máquina fotográfica |
| ✓ Caderno de Campo | ✓ Roupas e calçado confortáveis |
| | ✓ Mochila |
| | ✓ Água |
| | ✓ Almoço |

II.3.3. Actividades de campo 1: Complexo vulcânico de Lisboa

II.3.3.1. Actividade 1A: Ribeira de Fanhões

Coordenadas: 38° 52' 42,41" N - 9° 9' 10,80" W

Paragem junto à ponte situada à entrada de Fanhões, no sentido Loures - Fanhões.

No local observam-se rochas do complexo vulcânico de Lisboa (CVL), instalado há cerca de 72 M.a.

Há evidências da presença de um elevado número de antigas chaminés vulcânicas, diques e algumas soleiras, apesar de a erosão já ter destruído muitas dessas estruturas.

Os derrames de lava assentam directamente sobre os calcários margosos e sobre os calcários recifais datados do Cretácico superior.

- 1) Caminhe para a ribeira, no sentido este (E). Neste local observam-se os calcários com rudistas que se situam por baixo do complexo vulcânico de Lisboa.

Registe em fotografia.

Volte à ponte. Continue a sua actividade na ribeira, do outro lado da ponte.

- 2) Observe a margem da ribeira. Esteja atento à explicação do professor e anote os dados que considerar úteis.

Registe em fotografia.

- 3) Esquematize a secção do corte da margem da ribeira, indicada pelo professor.

Tenha em atenção os seguintes aspectos:

- a) Natureza litológica do afloramento;
- b) Estratificação;
- c) Outros aspectos que ache relevantes.

- 4) Observe um dos blocos de basalto que encontra no leito da ribeira.

- a) Descreva a sua textura;
- b) Os fenocristais de olivina que observa encontram-se muito alterados. Apresente, no seu relatório, uma possível explicação para este facto.



Figura 5.4.4 – Margem da Ribeira de Fanhões: contacto entre o nível de piroclastos e as escoadas basálticas

II.3.3.2. Actividade 1B: Cabeço de Montachique

Coordenadas: 38° 53' 54,45" N - 9° 11' 38,47" W

Paragem na estrada que dá acesso ao Cabeço de Montachique. Efectue o trajecto a pé até ao cimo.

Em alguns afloramentos que correspondem a antigas chaminés vulcânicas encontra-se disjunção colunar. Montachique é um dos afloramentos onde esta estrutura se pode observar no material magmático solidificado no interior da chaminé vulcânica (figura 5.4.5). Após a acção dos agentes erosivos foi desmantelado o aparelho vulcânico e restou preservada a chaminé.



Figura 5.4.5 – Cabeço de Montachique: disjunção colunar numa antiga chaminé vulcânica

- 1) Observe a disjunção colunar. Registe os dados que considerar úteis.
- 2) Recolha uma amostra de basalto. Identifique-a (local e data de recolha), coloque-a num saco de plástico e leve-a para a escola para posterior estudo macroscópico e em lâmina.
- 3) Observe a paisagem e, se quiser, registe-a em fotografia.

II.3.4. Actividades de campo 2 - Praia da Bafureira

Coordenadas: 38° 41'29,99"N - 9°21'56,86"W

Paragem no parque de estacionamento, junto ao restaurante.

Desça para a praia e dirija-se para sul. Realize a actividade proposta efectuando o corte ao longo da praia, no sentido SE-NW.

A praia da Bafureira situa-se na região de Lisboa e encontra-se cartografada na Carta Geológica Simplificada do Parque Natural de Sintra Cascais.

Nesta praia observam-se formações cretácicas com estratificação ligeiramente inclinada para Este (figura 5.4.6), constituídas por calcários e níveis de arenitos com matriz carbonatada onde se podem encontrar fósseis indicadores de ambiente marinho pouco profundo e de águas calmas. Nos estratos há registo da actividade dos seres vivos, bioturbação e de figuras de carga (slumping).



Figura 5.4.6 – Praia da Bafureira: arriba e pormenor da camada de calcários boudinados

- 1) Observe a carta geológica e identifique o tipo de rochas que afloram nesta praia (anexo A.2).

2) Observe a arriba da praia:

- a) Determine a atitude dos estratos;
- b) Aplique o princípio da sobreposição e determine a idade relativa dos estratos;
- c) Nalguns estratos observam-se fósseis. Indique a relação, em termos de idade, que pode estabelecer entre os fósseis e os estratos que os contêm;
- d) Fotografe os fósseis de modo a permitir, na medida do possível, a sua posterior identificação;
- e) Alguns estratos apresentam bioturbação. Observe e registe;
- f) Infira, com base nas observações que efectuou, o tipo de ambiente em que estes estratos se formaram;
- g) Algumas camadas de calcários encontram-se boudinadas, estrutura resultante da deformação a que a rocha foi sujeita. Infira sobre as características do campo de tensões a que estas rochas estiveram sujeitas (figura 5.4.6);
- h) Faça o esquema da zona da arriba que observou.

*Continue o seu percurso até ao local indicado pelo professor.
Neste local o conjunto de estratos é interceptado verticalmente por um filão.*

3) Observe a arriba interceptada pelo filão.

- a) Descreva o filão atendendo aos seguintes aspectos:
 - ✓ Cor;
 - ✓ Textura;
 - ✓ Constituição mineralógica.
- b) Infira sobre a origem dos materiais que constituem o filão.
- c) Atribua, de forma fundamentada, uma idade relativa do filão.



Figura 5.4.7 - Filão máfico a interceptar a formação sedimenta

Continue o seu percurso para NW, até ao local indicado pelo professor. Neste local observa-se uma falha que põe em contacto uma sequência sedimentar margosa com os arenitos.

- 4) Esquematize a falha, no seu livro de campo, e represente o sentido do movimento.

II.4. Pós actividade de campo

- 1) Cada grupo poderá verificar os seus registos escritos e ou fotográficos e esclarecer possíveis dúvidas com o professor.
- 2) Estudo da amostra recolhida na actividade 1B.
 - a) Faça a descrição macroscópica da amostra;
 - b) Observe ao microscópico petrográfico a lâmina delgada. Descreva o que observa.
- 3) Utilizando o registo fotográfico recolhido na praia da Bafureira, proceda a uma pesquisa de informação que lhe permita identificar alguns dos fósseis que constam do seu registo.

II.5. Avaliação da actividade

Elabore um relatório da actividade.



III. Sugestões de Resolução do Guião

*Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, Lisboa*

III. Sugestões de Resolução do Guião

III.1. Actividade de campo

Actividade 1A

O afloramento que se observa na margem da ribeira evidencia com clareza a actividade vulcânica que teve lugar há, aproximadamente, 72 M.a. na região de Lisboa. Neste corte são visíveis, da base para o topo, os calcários com rudistas, datados do Cenomaniano, que estão por baixo do Complexo Vulcânico de Lisboa. Segue-se um nível de piroclastos, visíveis na margem da ribeira, do lado oeste da ponte. Neste nível de piroclastos distinguem-se leitos constituídos por materiais vulcânicos de diferentes dimensões, cujo estado de alteração é notório através da sua cor vermelha. Sobre este nível encontram-se as escoadas de basaltos com vários metros de espessura, apresentando disjunção colunar nalguns locais.

No leito da ribeira encontram-se alguns blocos de basalto onde se observam fenocristais de olivina e piroxena no seio de uma matriz microcristalina (figura 5.4.8).



Figura 5.4.8 – Contacto entre o nível de piroclastos e as escoadas basálticas. Pormenor do basalto com fenocristais de olivina muito alterados

Neste tipo de textura ocorreram dois tempos de cristalização, um lento, em profundidade, que permitiu o desenvolvimento dos fenocristais e, outro, rápido, contemporâneo da ascensão da lava na conduta, não dando tempo a que os minerais que constituem a matriz se desenvolvessem. A alteração diferenciada dos fenocristais relativamente à matriz onde se encontram está, provavelmente, relacionada com o processo de cristalização fraccionada.

Actividade 1B

A carta geológica simplificada do PNSC indica para os afloramentos desta praia a idade cretácica. Ao longo de todo o corte, no sentido SE-NW, observa-se com clareza a estratificação, com direcção Norte-Sul e inclinação inferior a 10° para Este, constituída por vários níveis arenosos com matriz carbonatada, facilmente identificada através do ácido clorídrico e por níveis de calcário.

Nos calcários observam-se níveis com boudinagem, estrutura resultante da acção de um campo de tensões distensivo e, calcários apinhoados (figura 5.4.9).



Figura 5.4.9 - Calcário apinhoado (A) e estrato boudinado (B)

Na base de alguns estratos observam-se figuras de carga, o que nos dá a informação que este conjunto de estratos se encontra muito pouco deformado. Aplicando o princípio da sobreposição é possível determinar a idade relativa destes estratos.

A presença de bioturbação - estruturas resultantes da actividade dos seres vivos - e de fósseis de organismos aquáticos permite inferir sobre o ambiente de formação destes estratos: ambiente marinho, muito calmo e com águas pouco profundas, por exemplo, uma zona de plataforma protegida por uma bancada de corais.

Avançando alguns metros no sentido norte, observa-se um filão máfico com textura fina que intercepta verticalmente o conjunto de estratos. Os materiais que constituem o filão têm origem na actividade vulcânica que ocorreu na região e que constitui o Complexo vulcânico de Lisboa.

No filão são visíveis veios de calcite resultantes da infiltração de fluidos circulantes ricos em carbonato de cálcio. Também se observam minerais de piroxena (cor preta), provavelmente, arrastados da câmara magmática com os materiais constituintes do filão e pequenos minerais de calcite (cor branca), cuja formação poderá ter ocorrido por precipitação do carbonato de cálcio em pequenos espaços anteriormente ocupados por outros minerais, provavelmente olivinas (figura 5.4.10).



Figura 5.4.10 – Pormenor do filão máfico a interceptar a formação sedimentar

III.2. Pós actividade de campo

Observação Macroscópica da amostra recolhida

Nesta actividade os alunos devem apresentar uma descrição sucinta das características observáveis a olho nú, dando especial ênfase à mineralogia e à textura da amostra.

A amostra apresenta uma textura afanítica porfírica (a maioria dos cristais não são visíveis a olho nú, com fenocristais). É uma rocha de cor escura, poliminerálica e constituída por uma matriz microcristalina, na qual se observam alguns cristais de piroxena (figura 5.4.11).

A observação microscópica, em lâmina, permite visualizar que a matriz é constituída por microcristais de natureza diversa, alguns dos quais são minerais opacos. Dispersos pela matriz identificam-se os fenocristais de piroxena (figura 5.4.12).



Figura 5.4.11 – Amostra de basalto (Lexim*)

* A amostra recolhida em Montachique, devido ao seu estado de alteração, não reunia as condições necessárias para ser efectuado o seu estudo, quer macroscópico quer microscópico. Em alternativa utilizou-se uma amostra recolhida em Lexim.



Figura 5.4.12 – Observação microscópica do basalto obtida com nicóis paralelos



Bibliografia

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, Lisboa

Bibliografia

- AIRES-BARROS, J,
1979 “Actividade ígnea pós-paleozóica no continente português”, **Ciências da Terra** 5: 175-214
- AMADOR, Filomena; MENDES, Alcina et al
2003 Programa de Biologia e Geologia do 11º ou 12º ano, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, Lisboa: Ministério da Educação
- BRILHA, J. B. R.
1997 “Cinética de cristalização e de alteração pós-magmática de uma chaminé basáltica do Complexo Vulcânico de Lisboa. Modelização do arrefecimento e do mecanismo de fracturação em profundidade”, Universidade do Minho/Université de Poitiers (Tese de Doutoramento)
- BRILHA, J. B. R. et al
1998 “A disjunção colunar na chaminé vulcânica de Penedo de Lexim (Complexo Vulcânico de Lisboa) - Morfologia e Génese”, Comunicação do Instituto Geológico e Mineiro, Tomo 84, fasc.1: B164-B167
- DIAS, Rui
2007 **Evolução - Portugal de Antes da História**, Évora: Centro de Ciência Viva de Estremoz, Universidade de Évora
s/d “Os Materiais Terrestres”, Textos de apoio da Pós-graduação em Dinâmica de Processos Geológicos, Universidade de Évora
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M.
2002 **Introdução ao estudo do Magmatismo e das Rochas Magmáticas**, Lisboa: Âncora Editora
- KULLBERG, José Carlos
2000 “Evolução Tectónica Mesozóica da Bacia Lusitaniana”, Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (Tese de Doutoramento)
- KULLBERG, José Carlos et al
2006a “A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg (Eds.), **Geologia de Portugal no contexto da Ibéria**, Universidade de Évora: 317-368

KULLBERG, José Carlos e MACHADO, Susana

- 2006 “Cartografia Geológica do Mesozóico na AML e aspectos relativos à normalização”, **Documento Web**: <http://hdl.handle.net/10362/1453>

PALÁCIOS, Teresa

- 1985 “Petrologia do Complexo Vulcânico de Lisboa”, Lisboa: Universidade de Lisboa (Tese de Doutoramento)

RIBEIRO, António

- 2006a “A Evolução Geodinâmica de Portugal”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora

RIBEIRO, M.L. e RAMALHO M.M.

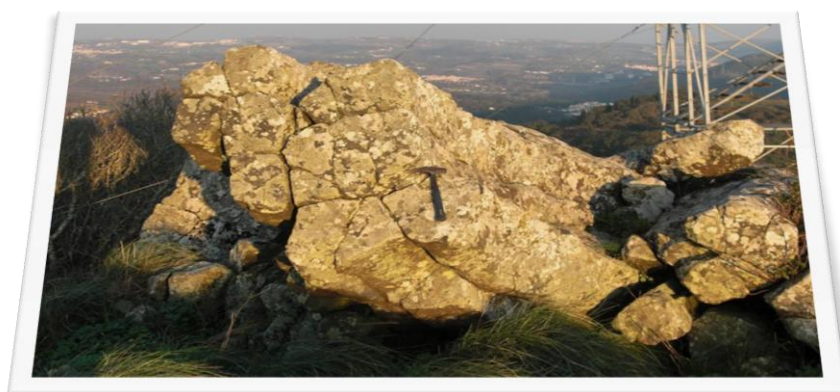
- 1997 **Carta geológica simplificada à escala 1/50.000 e Notícia explicativa da carta geológica simplificada do Parque Natural de Sintra Cascais**, Parque Natural de Sintra – Cascais e Instituto Geológico e Mineiro

SERRALHEIRO, A.

- 1999 “Contribuição para a actualização do conhecimento do complexo vulcânico de Lisboa”, **Documento Web**:
<http://geologia.fc.ul.pt/Aulas/GeologiadeCampoll/Pdfs/ComplxVulc..pdf>

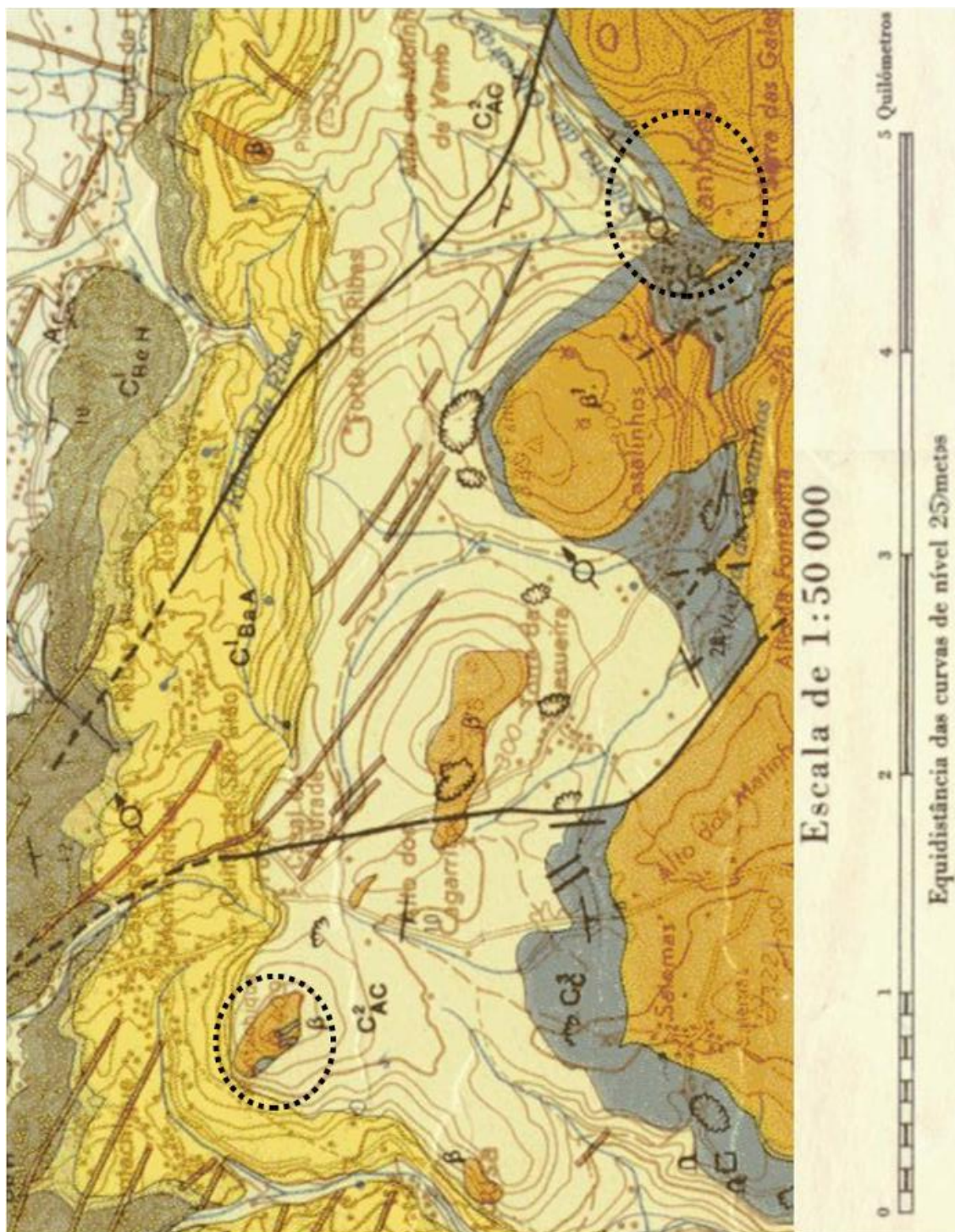
ZBYSZEWSKI, G.; MANUPPELLA, G. et al

- 1981 **Carta Geológica de Portugal à escala 1/50.000, Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal – Folha 34-B Loures**, Serviços Geológicos de Portugal

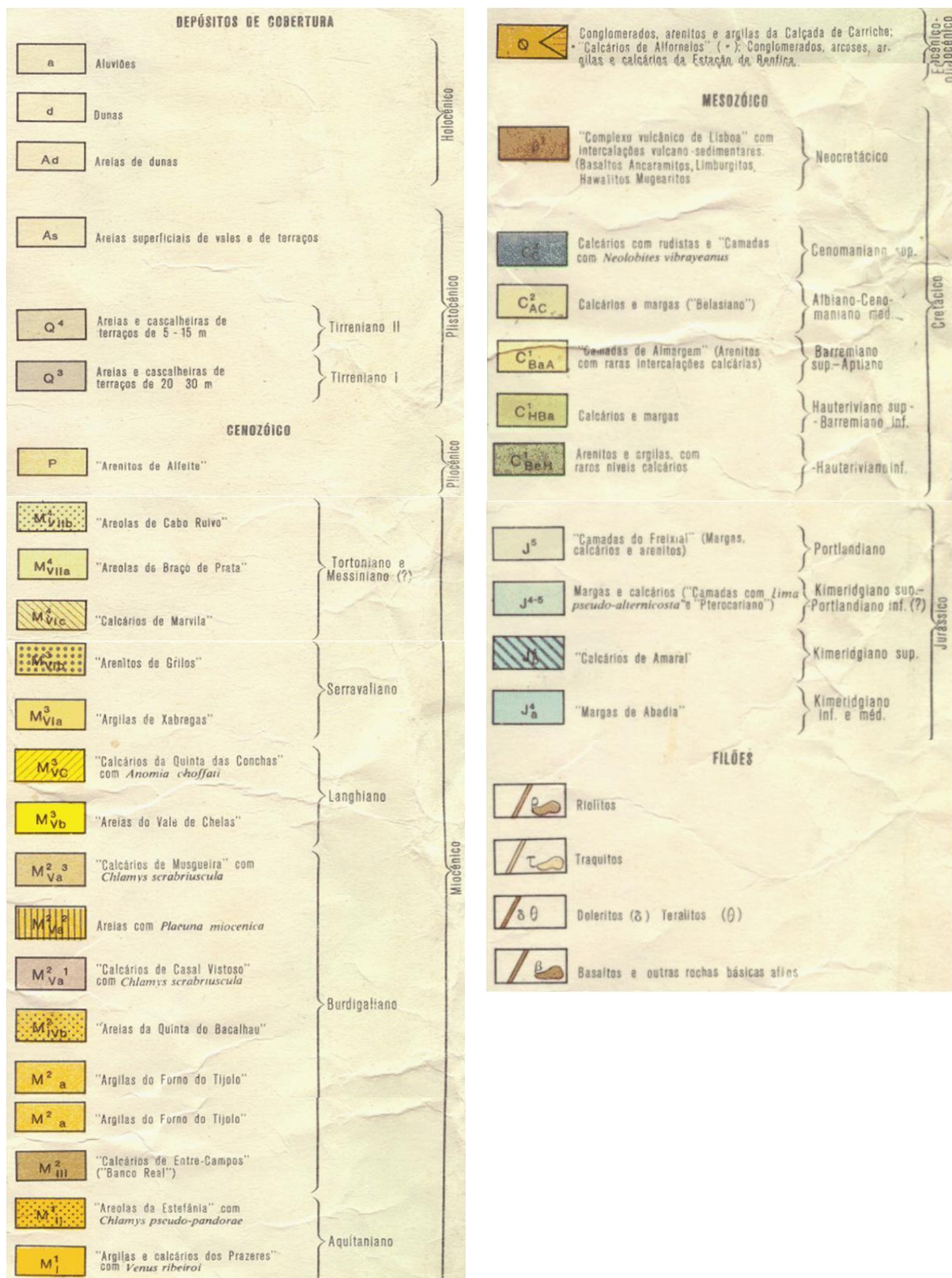


Anexos

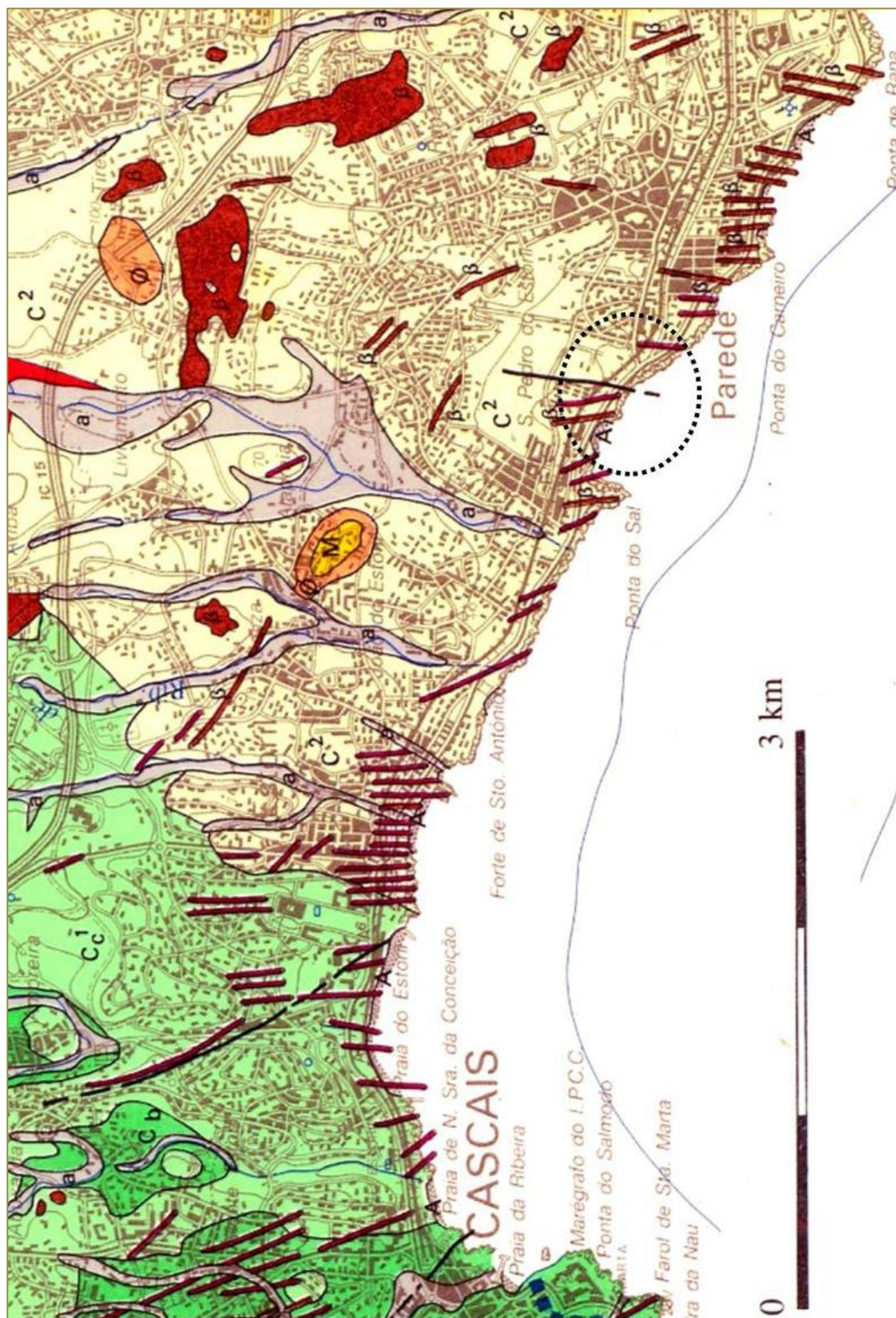
Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, Lisboa



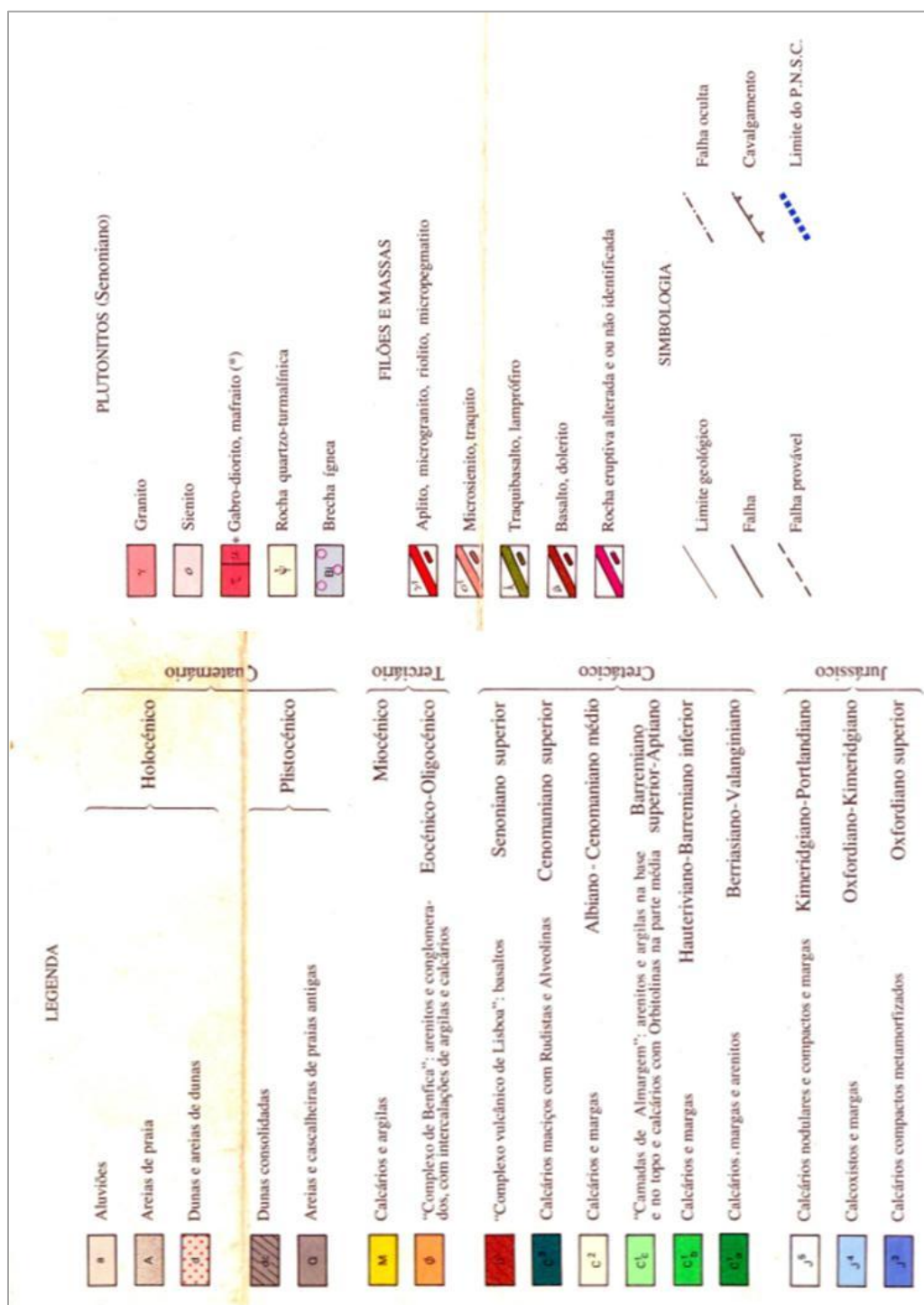
Anexo A.1 – Excerto da Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:50 000, Folha 34-B, Loures, com localização da ribeira de Fanhões e da chaminé vulcânica de Montachiaue



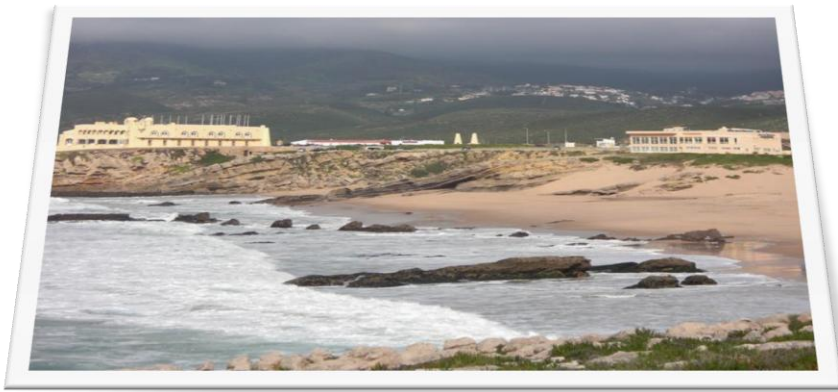
Anexo A.1.1 – Legenda do Anexo A.1



Anexo A.2 – Excerto da Carta Geológica simplificada do Parque Natural de Sintra-Cascais, à escala de 1:150 000, com localização da Praia da Bafureira (Ribeiro e Ramalho 1997)

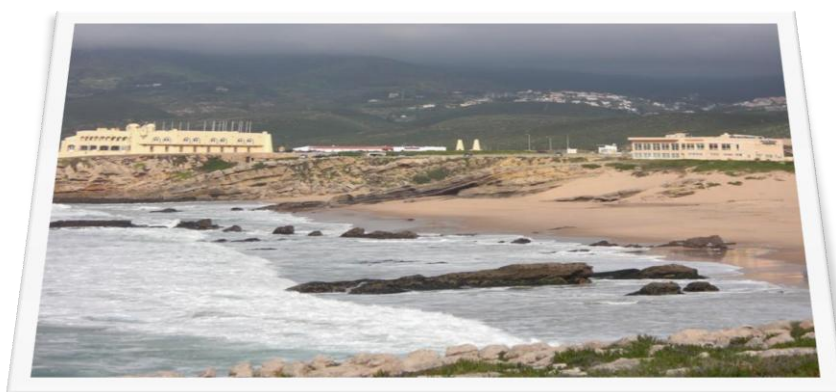


Anexo A.2.1 – Legenda do Anexo A.2



Actividades de Campo no Ensino da Geologia: Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente

5.5.



I. Introdução

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente

I. Introdução

A riqueza geológica da região de Sintra justifica a actividade prática de campo (APC) que se propõe. O Maciço Eruptivo de Sintra (MES) é o elemento geológico mais marcante desta região, não obstante toda a área envolvente ser, do ponto de vista científico e didáctico, igualmente importante, não só porque reflecte a acção do MES como, também, pelo seu registo paleoestratigráfico que constitui uma fonte de informação para o conhecimento da história geológica da região.

A diversidade litológica aqui presente permite-nos desenvolver APC no âmbito das rochas sedimentares, ígneas e metamórficas assim como noutras áreas da Geologia abrangidas pelo programa da disciplina de Biologia e Geologia do 11º ano.

Para esta actividade propõe-se um percurso no qual se desenvolvem APC em duas áreas distintas: MES (Malveira e Cabo da Roca) e região envolvente do MES.

Por sua vez, na região envolvente do MES propõem-se dois itinerários alternativos: a sul, Itinerário A, as Praias da Cresmina e do Guincho e, a norte, Itinerário B, a Praia da Adraga e a Praia Grande do Rodízio (figura 5.5.1).



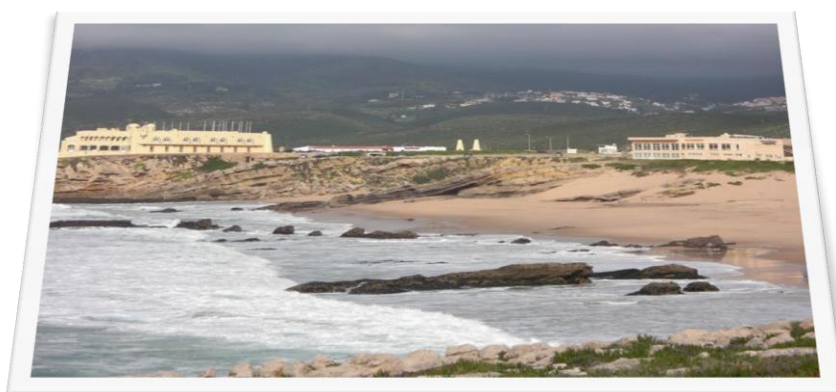
Figura 5.5.1 – Itinerários propostos para APC no MES e região envolvente

Os alunos devem ter trabalhado, previamente, os conteúdos teóricos da unidade “Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres”.

Numa preparação específica para esta actividade, os alunos, sob a orientação do professor, devem proceder à análise da Carta Geológica de Portugal, Folha 34-A Sintra e 34-C Cascais, à escala de 1: 50 000, editada pelos Serviços Geológicos de Portugal, ou da Carta Geológica Simplificada do Parque Natural de Sintra-Cascais, editada pelo Parque Natural e pelo Instituto Geológico e Mineiro, que se apresenta em anexo a esta actividade (Anexo A.1).

Poderão, também, ser trabalhados outros aspectos, tais como:

- Análise macroscópica e identificação de rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares;
- Noções básicas sobre deformação dúctil e frágil e tipo de estruturas resultantes;
- Utilização da bússola como instrumento para medição de atitudes das estruturas geológicas;
- Breve referência ao enquadramento geológico do MES no contexto geotectónico de Portugal continental.



II. Guião da Actividade de Campo

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente

II. Guião da Actividade de Campo

II.1. Objectivos da actividade

Esta actividade prática de campo enquadra-se na unidade “Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres”, da disciplina de Biologia e Geologia (11º ano).

Desenvolve-se em três fases - preparação, execução e síntese - que decorrerão em locais diferentes: escola, região de Sintra e, novamente, na escola.

Na primeira fase serão desenvolvidas alguns trabalhos prévios de preparação da saída de campo. A segunda decorrerá no campo em duas áreas distintas: uma localizada no Maciço Eruptivo de Sintra, onde se observam rochas magmáticas e, outra, situada na zona envolvente do Maciço, onde se desenvolverão actividades relacionadas com as rochas sedimentares e metamórficas.

A última fase desta actividade tem lugar na escola e serão desenvolvidos trabalhos que complementem e sintetizem a actividade que decorreu no campo.

Com esta actividade pretende-se atingir os seguintes objectivos:

- Descrever em termos de textura e composição mineralógica a rocha que aflora;
- Reconhecer, com base na observação das rochas à superfície, a sua litologia;
- Reconhecer no campo estruturas geológicas básicas;
- Inferir acontecimentos com base em factos observados;
- Aplicar princípios básicos da estratigrafia;
- Utilizar a bússola como instrumento de orientação e de medição de atitudes;
- Formular hipóteses explicativas dos fenómenos observados;
- Aumentar o interesse e a motivação pela Geologia, em geral, e pelo trabalho de campo, em particular.

II.2. Preparação da actividade na sala de aula

Em grupo, sob a orientação do professor, prepare a actividade que vai desenvolver.

Sugestões:

- Análise do Guião;
- Análise da informação contida na carta geológica simplificada (Anexo A.1);
- Pesquisa de informação sobre a história geológica da região de Sintra;
- Localização do percurso da actividade de campo que vai desenvolver.

II.3. Actividade de campo

II.3.1. Caracterização do local

II.3.1.1. Localização



Figura 5.5.2 – Locais das actividades de campo no Maciço de Sintra e região envolvente

II.3.1.2. Enquadramento geológico e geomorfológico da região

Os vários locais que constituem o itinerário da actividade de campo inserem-se no sector sul da Bacia Lusitaniana. A intensa sedimentação que ocorreu nesta bacia, durante o Jurássico e Cretácico, conduziu à formação das rochas predominantes na região: rochas sedimentares com abundantes camadas fossilíferas.

A instalação do Maciço Eruptivo de Sintra (MES) ocorreu no final do Cretácico, cortando as rochas sedimentares encaixantes e provocando a sua deformação e metamorfização. Como consequência da deformação formou-se um sinclinal anelar que circunda a massa ígnea onde se pode observar a inclinação assimétrica das camadas cretácicas, verticalizadas no flanco norte e pouco inclinadas a sul (figura 5.5.3).

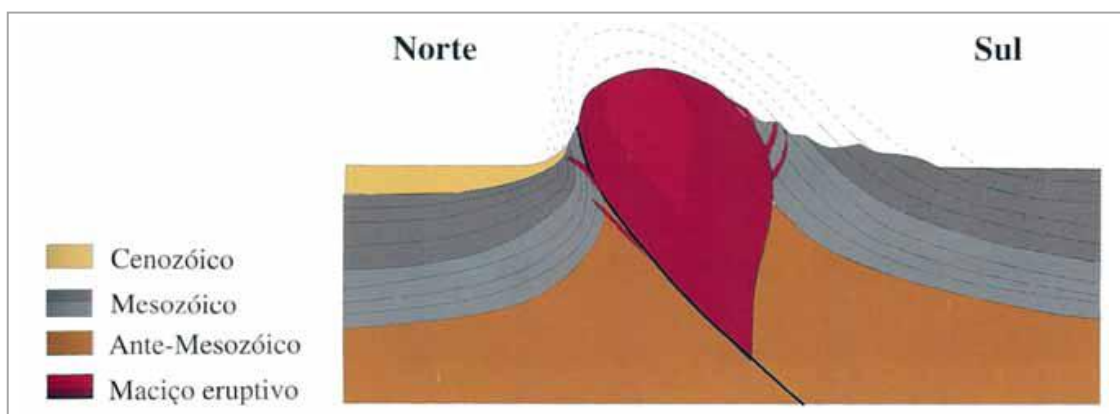


Figura 5.5.3 – Corte esquemático da instalação do MES: anticlinal assimétrico evidenciando a inclinação diferente das camadas a norte e a sul
(Ribeiro e Ramalho 1997)

O MES é um corpo intrusivo de rochas ígneas, actualmente, exposto devido à acção conjugada dos processos de alteração e erosão que, ao longo do tempo, foram removendo a cobertura sedimentar.

As formações sedimentares envolventes do MES evidenciam a sua proximidade através da presença de rochas metamorfizadas resultantes do contacto do corpo ígneo com as rochas sedimentares.

Para além da riqueza fossilífera destas formações também o seu registo paleoestratigráfico fornece dados importantes acerca do seu ambiente de formação. As oscilações do nível do mar, ocorridas durante o período da sua génese, estão registadas nas sequências litológicas e são facilmente observadas nos afloramentos das praias da região.

II.3.2. Material necessário para a actividade de campo

- ✓ Carta geológica simplificada à escala de 1:50.000 do PNSC
- ✓ Martelo de geólogo
- ✓ Bússola de geólogo
- ✓ Lupa
- ✓ Caderno de Campo
- ✓ Lápis e borracha
- ✓ Sacos para amostras
- ✓ Frasco de vidro com tampa
- ✓ Etiquetas
- ✓ Máquina fotográfica
- ✓ Roupa e calçado confortáveis
- ✓ Mochila
- ✓ Água
- ✓ Almoço

II.3.3. Actividades de campo

II.3.3.1. Actividade 1: Maciço Eruptivo de Sintra - Malveira

Coordenadas: 38° 45' 11,71" N – 9° 26' 58,94" W

LOCAL 1 - RUA RIO DA BICA, junto ao restaurante “O Camponês”, à entrada da vila.
Siga pela estrada térrea, junto ao restaurante.

- 1) Localize na carta geológica simplificada do PNSC (anexos A.1 e A.3) a zona onde se encontra e identifique a litologia indicada.
- 2) Descreva a textura da rocha que constitui o afloramento.

Afloram neste local rochas do Maciço Eruptivo de Sintra.

Coordenadas: 38° 45' 5,68" N – 9° 26' 55,73" W

LOCAL 2 - ESTRADA MALVEIRA - CASCAIS

No corte, ao longo da barreira da estrada, observam-se as rochas sedimentares encaixantes do MES, deformadas e metamorfizadas pelo contacto com a intrusão ígnea.

O conjunto de estratos é cortado por vários filões de natureza felsica e máfica relacionados com a instalação do Maciço ígneo.

Os calcários de São Pedro e os “Xistos do Ramalhão” são rochas que se observam neste corte (figura 5.5.4)



Figura 5.5.4 – Malveira: “Xistos do Ramalhão”

- 1) Observe o corte na barreira da estrada e registe os aspectos que considerar importantes para a sua caracterização
- 2) Recolha uma amostra percutindo a rocha.
- 3) Faça a descrição da amostra relativamente à textura, cor e cheiro.
- 4) Utilizando os dados disponíveis no guião, identifique no corte os “xistos do Ramalhão”.

II.3.3.2. Actividade 2: Maciço Eruptivo de Sintra - Cabo da Roca

Coordenadas: 38° 47' N - 9° 30' W

*O Cabo da Roca situa-se no núcleo do MES.
Neste local encontram-se rochas ígneas constituintes
do núcleo do Maciço.
Aqui, poderá desfrutar de uma paisagem magnífica
sobre o Maciço de Sintra e o litoral situado a sul.*



- 1) Localize, no excerto da carta geológica simplificada do PNSC (anexos A.1 e A.3), o Cabo da Roca.
- 2) Identifique na carta a rocha que aflora neste local.
- 3) Observe o Maciço. Registe no caderno de campo e em fotografia.
- 4) Observe um dos blocos de sienito dispersos na área envolvente do farol. Descreva a rocha relativamente à sua textura e mineralogia.

II.3.3.3. Actividade 3: Área envolvente do MES - Praias da Cresmina e do Guincho

Coordenadas: 38° 43' 54,68 N - 9° 28' 22,70" W

LOCAL 1 – FORTE DA CRESMINA

As praias da Cresmina e do Guincho situam-se, contiguamente, a sul do MES. Na arriba litoral destas praias encontram-se rochas sedimentares, calcários, arenitos e, argilitos de idade Cretácica. Entre as várias litologias presentes salienta-se o calcário fossilífero, onde se encontram diversos fósseis, entre os quais, inúmeras carapaças de foraminíferos bentónicos do género Orbitolina (figura 5.5.5).

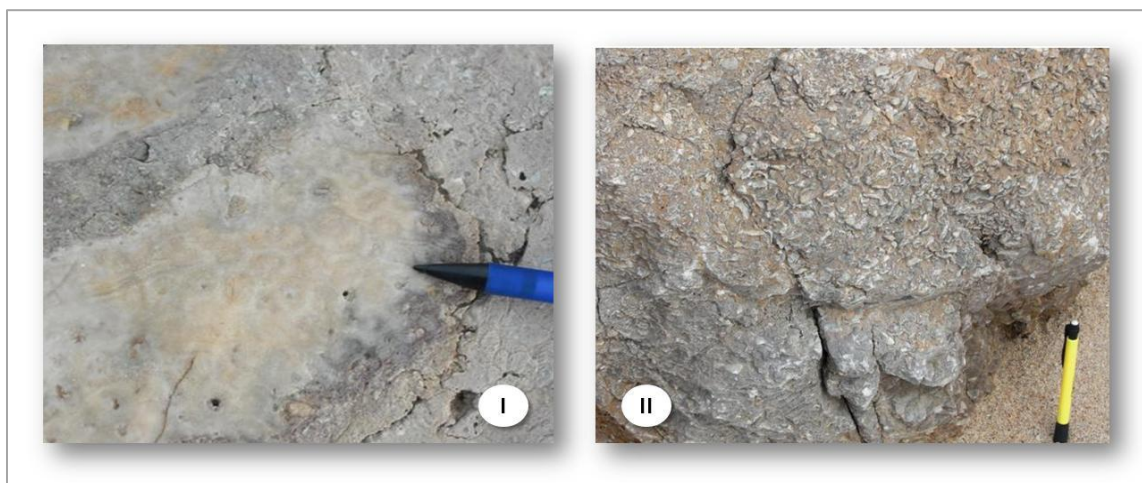


Figura 5.5.5 – Calcários com fósseis: corais (I) e orbitolinas (II)

- 1) Observe a paisagem e acompanhe a explicação do professor.
- 2) Observe os afloramentos rochosos. Descreva as suas formas e interprete o seu modelado.
- 3) Recolha uma amostra de calcário.
- 4) Nos calcários podemos encontrar diversos fósseis. Para além do género *Orbitolina*, abundantes nestes calcários, também se observam outros, como por exemplo, os fósseis de corais. Tente encontrar alguns fósseis e registe em fotografia.

LOCAL 2 – FILÃO ÍGNEO

- 1) Ouça com atenção a explicação do professor.

- 2) Descreva, no seu caderno de campo, o filão ígneo e as alterações verificadas nas rochas encaixantes induzidas pela sua instalação.

LOCAL 3 – CORTE AO LONGO DA PRAIA, no sentido sul-norte

Desça para a praia cumprindo todas as regras de segurança.

As várias litologias que aqui se observam e o seu conteúdo fossilífero evidenciam uma regressão marinha: por cima das bancadas de calcários encontram-se os arenitos de grão fino passando a grão grosseiro, por vezes com intercalações de matéria orgânica reflectindo um ambiente lacustre.

- 1) Identifique as variações litológicas que registam as alterações do nível do mar.
- 2) Registe no caderno de campo a coluna estratigráfica representativa da situação identificada.
- 3) Observe os níveis de arenito com bioturbação.

Ao longo da praia podemos observar a riqueza fossilífera das rochas que constituem a arriba litoral. Para além da diversidade de fósseis que tem vindo a observar, encontra também um osso de dinossauro e marcas da acção erosiva do vento – ventifactos (figura 5.5.6-A e 5.5.6-B).

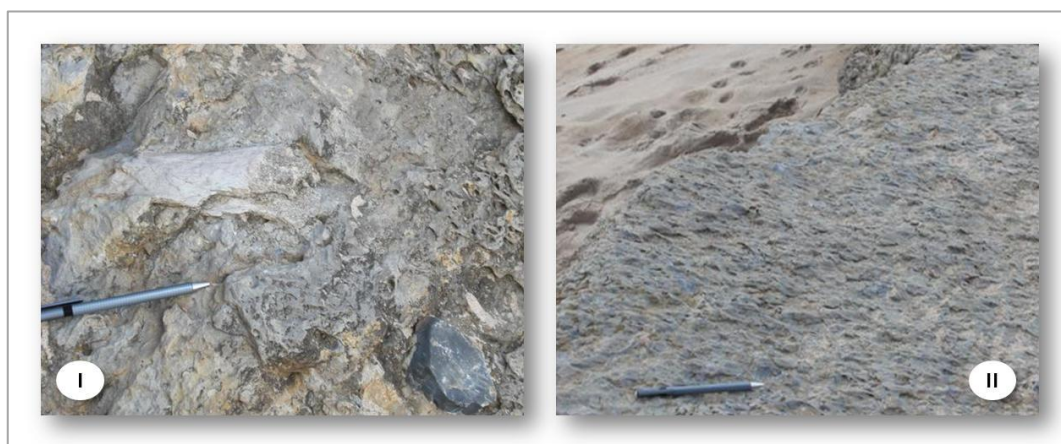


Figura 5.5.6 – Osso de dinossauro e gastólito (I) e ventifactos (II)

- 1) Com base nas figuras tente localizar os fósseis referidos.
- 2) Observe a estratificação e determine a atitude dos estratos.

LOCAL 4 – JUNTO À POUSADA DO GUINCHO

Deste local, observa-se a praia do Guincho. Pode constatar que a estratificação na parte Sul da praia, inclina para Norte, enquanto na parte Norte, inclina para Sul. Este facto evidencia a existência de um sinclinal cujo eixo se localiza, sensivelmente, a meio da praia, local a partir do qual as camadas invertem o sentido da inclinação.

Se a maré estiver baixa é visível, na areia, um afloramento rochoso de cor escura que corresponde a uma antiga chaminé vulcânica do Complexo Vulcânico de Lisboa.

- 1) Com base na informação do Guião tente localizar o eixo do sinclinal. Solicite a ajuda do professor e esclareça eventuais dúvidas.
- 2) Observe o campo de dunas que se situa do outro lado da estrada do Guincho.

II.3.3.4. Actividade 4: Área envolvente do MES - Praia da Adraga

Coordenadas: 38° 48' 13,62 N - 9° 29' 5,20" W

A Praia da Adraga situa-se a noroeste do Maciço Eruptivo de Sintra (MES), muito próximo da sua zona de contacto com as rochas sedimentares encaixantes, sendo bastante evidente nas rochas desta praia os efeitos da sua proximidade ao MES. Afloram rochas sedimentares do Jurássico superior que sofreram metamorfismo.

LOCAL 1 - ENTRADA DA PRAIA

- 1) Observe a areia da praia. Apresente uma hipótese explicativa da sua cor.

LOCAL 2 - AO LONGO DA PRAIA, no sentido sul-norte

Tal como observou no corte da estrada Malveira-Cascais, também aqui se encontram os Calcários de S. Pedro e os “Xistos do Ramalhão”.

- 1) Localize, nas rochas que constituem a arriba da praia, os calcários de S. Pedro e os “Xistos do Ramalhão”. Registe em fotografia.
- 2) Procure nas rochas, junto à areia, a presença de fósseis. Identifique-os.

LOCAL 3 – LOCAL INDICADO PELO PROFESSOR

Neste local observam-se bancadas de calcários bastante escuros. Na base de alguns estratos é visível intensa bioturbação (figura 5.5.7). Este conjunto apresenta-se deformado identificando-se facilmente a presença de dobras, falhas e alguns filões que o interceptam.



Figura 5.5.7 – Adraga: calcários com bioturbação

- 1) Determine a atitude dos estratos.
- 2) Classifique o tipo de falha.
- 3) Esquematize o corte indicado pelo professor

II.3.3.5. Actividade 5: Área envolvente do MES - Praia Grande do Rodízio

Localização: 38° 48' 53,07"N; 9° 28' 37,98" W

A Praia Grande situa-se a Noroeste do Maciço Eruptivo de Sintra, em contiguidade com a Praia da Adraga.

Os afloramentos são constituídos por estratos sedimentares, arenitos, argilas e calcários, datados do Cretácico inferior, bastante deformados pela instalação do Maciço. Nos calcários que constituem a base deste conjunto de estratos, observa-se um conjunto de pegadas de dinossauro.

LOCAL 1 – EXTREMIDADE SUL DA PRAIA

Antes de iniciar as tarefas propostas para esta actividade, preste atenção à explicação do professor e aguarde indicações sobre as condições de segurança que deve ter em conta.

- 1) Identifique, na carta geológica, o local onde se encontra.
- 2) Observe a arriba da praia. Faça o esquema do corte que observa.

- 3) Na superfície dos estratos observa-se a alternância entre zonas mais salientes e zonas mais reentrantes. Apresente uma explicação para este facto.
- 4) Nalguns estratos pode observar-se bioturbação e fósseis. Tente localizá-los e registe em fotografia.
- 5) Se as condições de segurança o permitirem poderá observar as pegadas de dinossauro. Aguarde a indicação do professor.

Para observar as pegadas deverá subir as escadas que dão acesso ao cimo da arriba e, durante a subida, observar as bancadas de calcário.

LOCAL 2 – CAMINHE AO LONGO DA PRAIA, no sentido sul-norte

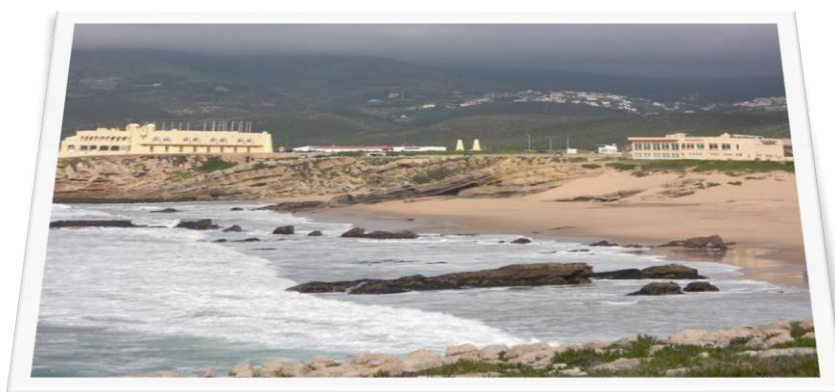
- 1) Observe a inclinação dos estratos.
- 2) Procure identificar o local onde se verifica o contacto dos estratos que tem vindo a observar com uma formação litológica de natureza diferente.
- 3) Atente na explicação do professor e registe no seu caderno de campo a informação que considerar importante.

II.4. Pós actividade de campo

- 1) Cada grupo deverá verificar os seus registos escritos ou fotográficos e esclarecer possíveis dúvidas com o professor.
- 2) Os materiais recolhidos deverão ser trabalhados em laboratório. Sugerem-se as seguintes hipóteses de trabalho:
 - Estudo da amostra de areia recolhida na Praia da Adraga.
 - Estudo macroscópico e microscópico da amostra de calcário recolhida.
 - Simulação de dobras e falhas com recursos à caixa de modelação.
- 3) Pesquisa de informação acerca das formas fósseis observados na actividade de campo.

II.5. Avaliação da actividade

Construção de posters sobre os vários locais que constituem o itinerário da saída de campo.
Divulgação da actividade de campo através da exposição dos trabalhos.



III. Sugestões de Resolução do Guião

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente

III. Sugestões de Resolução do Guião

III.1. Actividade de campo

Actividade 1: Maciço Eruptivo de Sintra - Malveira

Devido às características do local, estrada bastante movimentada e com bermas muito estreitas, esta actividade de campo exige organização e cumprimento rigoroso das regras de segurança. Sugere-se que o trabalho seja realizado em pequenos grupos.

LOCAL 1 – RUA RIO DA BICA, junto ao restaurante “O Camponês”, à entrada da vila.

Seguindo alguns metros pela Rua Rio da Bica, junto ao restaurante “O Camponês”, entra no Maciço Eruptivo de Sintra. Na barreira da estrada afloram granitos de grão médio a fino, interceptados por filões apeliticos (figura 5.5.8).



Figura 5.5.8 – Maciço Eruptivo de Sintra: granitos

LOCAL 2 - ESTRADA MALVEIRA-CASCAIS

Este corte compreende um conjunto de estratos de natureza calcária, com inclinação para sul, interceptados por vários filões básicos, que inclinam para sul, e ácidos, que inclinam na direcção norte, ambos ligados à instalação do MES.

Os calcários de S. Pedro estabelecem o contacto com o Maciço eruptivo. São calcários cristalinos, de idade Jurássica, muitas vezes fétidos, resultantes do metamorfismo causado pelos materiais ígneos no contacto com o encaixante sedimentar. O carácter fétido do calcário só é verificado em amostras de rocha fresca. Como tal, recolha a amostra percutindo o afloramento e inalando, de seguida, o fragmento.

Observam-se, também, bancadas de calcário margoso metamorfizado, uma rocha caracterizada pela alternância de bandas claras e escuras que lhe conferem semelhanças com um xisto, daí a sua designação de “Xistos do Ramalhão”.

Actividade 2: Maciço Eruptivo de Sintra – Cabo da Roca

No Cabo da Roca os alunos deverão observar a paisagem e identificar, na vertente do MES que se observa a partir deste local, blocos rochosos, dispersos pela encosta, com formas arredondadas típicas do granito - caos de blocos.

A norte, observa-se a acção erosiva do mar que, ao longo do tempo, tem vindo a erodir as rochas encaixantes do Maciço e a talhar as diversas formas que hoje apresentam. Distinguem-se alguns blocos rochosos isolados no mar, dos quais o mais espectacular é a Pedra da Ursa (figura 5.5.9).



Figura 5.5.9 – Cabo da Roca: contraste entre as rochas do MES e as encaixantes

Do ponto de vista litológico encontram-se sienitos, rocha ígnea com textura fanerítica, de grão médio a fino e cor clara, rosa acinzentado.

Actividade 3: Área envolvente do MES - Praias da Cresmina e do Guincho

LOCAL 1 – FORTE DA CRESMINA

A partir do Forte da Cresmina observam-se camadas de calcários com inclinação para Norte, exibindo um dos efeitos típicos da erosão nos calcários: os lapiás (figura 5.5.10). Este modelado resulta da dissolução da rocha à superfície, formando uma rede de sulcos profundos mais ou menos densa.

Nos calcários encontram-se inúmeros fósseis identificando-se, facilmente, corais, ostreídeos, rudistas e foraminíferos bentónicos, do género *Orbitolina*. Estes fósseis correspondem a organismos que viveram em águas pouco profundas constituindo a sua presença uma fonte de informação paleoambiental.



Figura 5.5.10 – Praia da Cresmina: estratificação com inclinação para Norte

LOCAL 2 – FILÃO ÍGNEO

O filão ígneo pode ser observado antes de descer para a praia e, também, a partir dela. Os materiais rochosos apresentam uma cor escura, acastanhada, indicadora do seu estado de alteração. Encontra-se nestas rochas disjunção esferoidal e bastantes veios de calcite. Nas zonas de contacto é visível o metamorfismo nos calcários, apresentando esta rocha uma faixa de cor cinzenta muito escuro (figura 5.5.11).



Figura 5.5.11 – Filão ígneo

LOCAL 3 – CORTE AO LONGO DA PRAIA, no sentido sul-norte

Já na praia, podem observar-se as várias litologias que constituem a sua arribal litoral e que registam as alterações do nível do mar que ocorreram durante o Cretácico. Por cima dos calcários fossilíferos que se observam junto ao Forte da Cresmina, encontram-se os arenitos de grão fino, seguindo-se os arenitos de grão grosseiro, por vezes com intercalações de matéria orgânica (níveis mais escuros). Esta sequência litológica reflecte a passagem sucessiva de um ambiente mais profundo para um ambiente flúvio-lacustre – regressão marinha. Nos arenitos observa-se, ainda, estratificação cruzada e intensa bioturbação (figura 5.5.12).

Um pouco mais à frente encontram-se arenitos com matriz mais carbonatada e, novamente, as bancadas de calcário. Esta sequência é indicadora da ocorrência de transgressão marinha.

Nestas bancadas de calcários podem ser observadas as marcas da acção do vento sobre a rocha, ventifactos, e um osso fossilizado, supostamente de um dinossauro. Muito próximo do osso encontram-se alguns gastrólitos, pequenas pedras estomacais utilizadas pelos dinossauros para esmagamento dos alimentos.

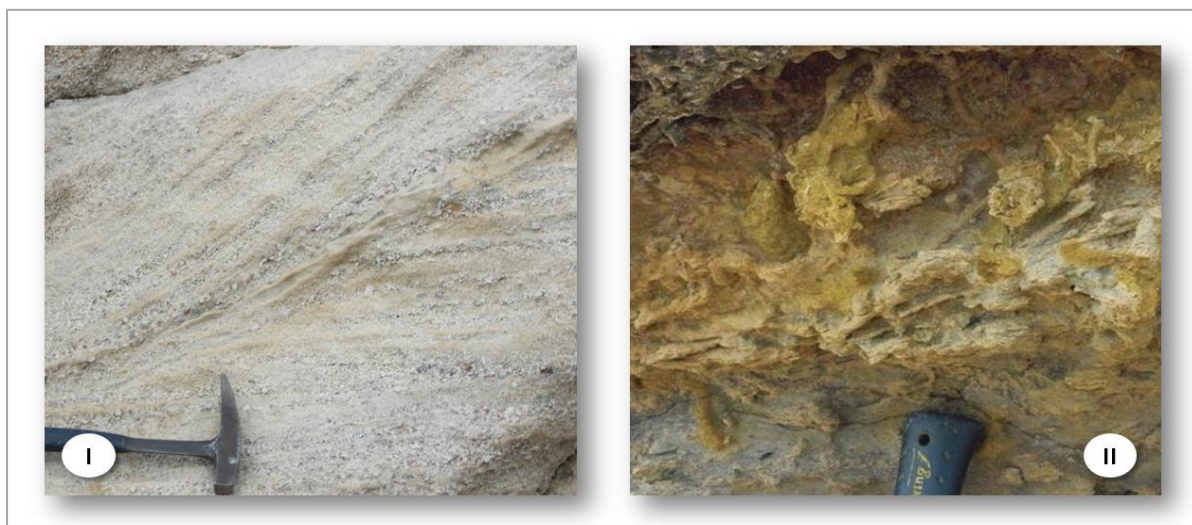


Figura 5.5.12 – Arenitos: estratificação cruzada (I) e bioturbação (II)

LOCAL 4 – JUNTO À POUSADA DO GUINCHO

Deste local tem-se uma visão geral sobre a praia do Guincho (figura 5.5.13). O professor poderá conduzir a observação dos alunos alertando para os aspectos mais evidentes.



Figura 5.5.13 – Praia do Guincho: chaminé vulcânica
(<http://portal.icnb.pt> (01/2011))

Observa-se:

- Estratificação com inclinação para Norte, na parte sul da praia, em continuidade com a observação efectuada na praia da Cresmina.
- Se a maré estiver baixa, é visível um afloramento rochoso, aproximadamente a meio da praia, que corresponde a uma antiga chaminé vulcânica do Complexo Vulcânico de Lisboa.
- Ao longe, os relevos que se observam correspondem ao Maciço Eruptivo de Sintra.
- Do outro lado da estrada, encontra-se um conjunto de dunas litorais.

A praia da Cresmina situa-se num dos flancos de um sinclinal cujo eixo se encontra, aproximadamente, a meio da praia do Guincho. No flanco oposto, a estratificação passa a inclinar para Sul, facto que não é observável a partir deste local mas é bem claro, em corte, na estrada que liga o Guincho à Malveira da Serra (figura 5.5.14).

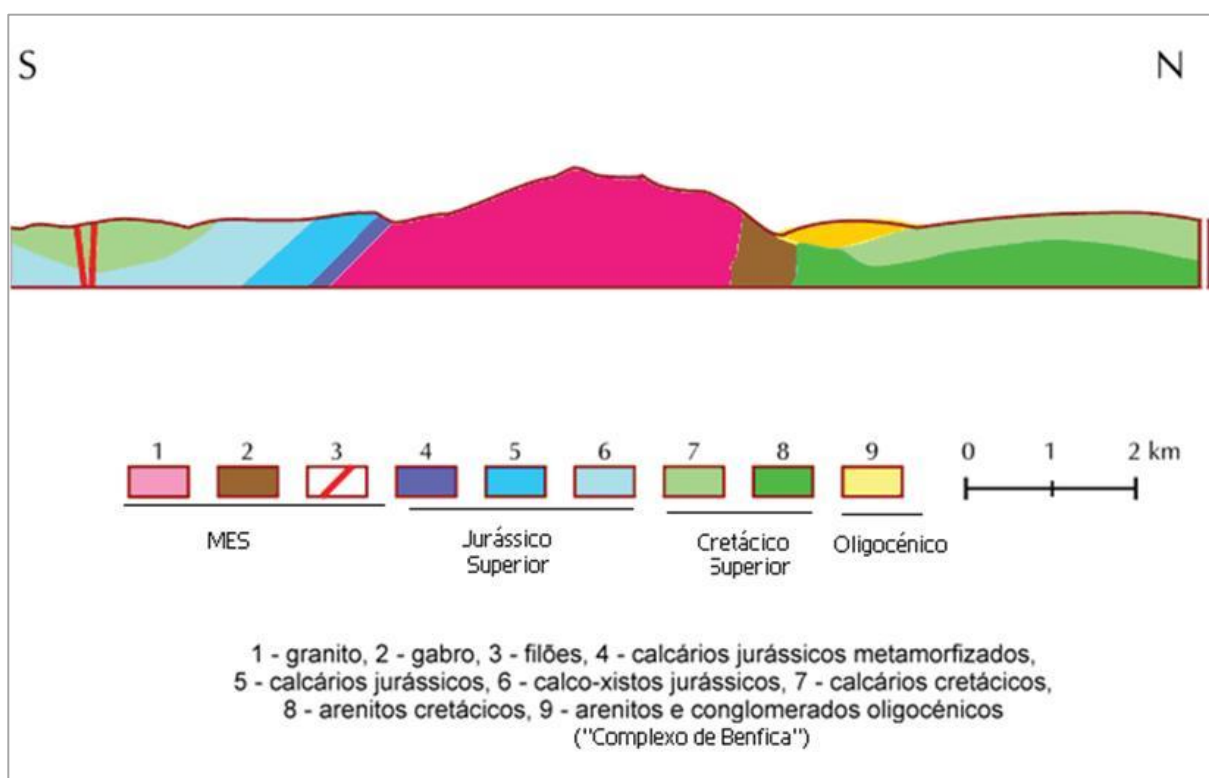


Figura 5.5.14 – Corte geológico simplificado do maciço eruptivo de Sintra
(Martins et al 2010)

Actividade 4: Área envolvente do MES - Praia da Adraga

LOCAL 1 - ENTRADA DA PRAIA

Na areia da praia encontra-se, de forma mais ou menos abundante, fragmentos de materiais de cor escura. A amostra que os alunos recolhem deverá ser representativa da areia da praia. Posteriormente, em laboratório, poderá ser feita a identificação dos materiais de cor escura através de um íman, concluindo-se que se trata de materiais com propriedades magnéticas, cuja origem deverá ser as rochas do MES.

LOCAL 2 – AO LONGO DA PRAIA, no sentido sul-norte

Tal como no corte efectuado na estrada Malveira-Cascais, próximo do contacto a sul com o MES, também aqui se encontram os Calcários de S. Pedro e os “Xistos do Ramalhão”.

Encontram-se, com frequência, fósseis em calcários metamorfizados e, minerais de calcite que se desenvolveram em zonas de fracturas das rochas (figura 5.5.15).



Figura 5.5.15 – Calcários metamorfizados com fósseis de gastrópodes (I) e cristais de calcite (II)

LOCAL 3 – EXTREMIDADE NORTE DA PRAIA

Observam-se calcários muito escuros, com estratificação bem evidente, com direcção E-W e inclinação, aproximadamente, de 50°N. Na base de alguns estratos é visível intensa bioturbação.

O conjunto de estratos encontra-se deformado, podendo ser observada uma falha inversa e dobras, e é cortado por um filão cujo estado de alteração não permite identificar a sua natureza litológica (figura 5.5.16).

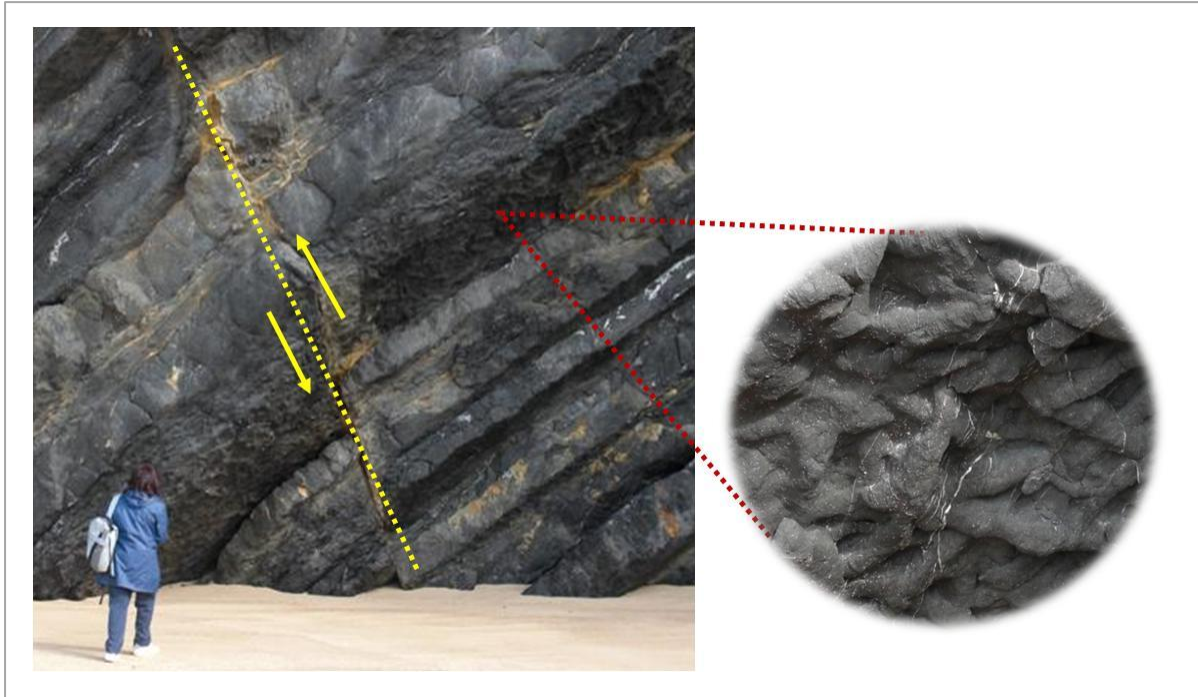


Figura 5.5.16 – Calcários com bioturbação e falha inversa

Actividade 5: Área envolvente do MES - Praia Grande do Rodízio

LOCAL 1 – EXTREMIDADE SUL DA PRAIA

A actividade deve ser iniciada na extremidade sul da praia para que, ao longo do corte, os alunos tenham a possibilidade de observar a sequência estratigráfica de forma concordante com a sua cronologia.

Neste local, o afloramento exhibe a deformação resultante da instalação do MES, visível na posição bastante verticalizada que as camadas apresentam. É constituído por rochas sedimentares, arenitos, argilas e calcários, designadas por “Camadas de Almargem” e estão datadas do Cretácico inferior.

Observa-se bastante bem o resultado da acção diferencial da erosão sobre as rochas. Assim, os estratos cuja litologia é menos resistente à erosão apresentam-se como superfícies reentrantes, enquanto os mais resistentes correspondem às superfícies mais salientes (figura 5.5.17).

Nestas rochas existem, também, muitos fósseis e, nalguns estratos, bioturbação. Na camada de calcário que constitui a base desta sequência de estratos, localizada junto à escadaria, são visíveis as pegadas de dinossauro. Contudo, a instabilidade da arriba deve ser considerada como um risco a ser ponderado.



Figura 5.5.17 – Praia Grande: erosão diferencial nas “Camadas de Almargem”

LOCAL 2 – CAMINHANDO AO LONGO DA PRAIA na direcção norte

À medida que se caminha ao longo da praia observa-se que a inclinação das camadas se acentua, acabando por inverter e cavalgar sobre o Complexo de Benfica. Esta Formação, datada do Paleogénico, é constituída por materiais de dimensões e naturezas variadas, de origem continental, aglutinados por uma matriz arenosa cimentada por carbonato de cálcio (Ribeiro e Ramalho 1997).

III.2. Pós actividade de campo

As sugestões apresentadas recaem apenas sobre duas das actividades propostas: estudo *macroscópico e microscópico da amostra de calcário* e *simulação de dobras e falhas com recursos à caixa de modelação*, por se tratar de actividades muito específicas sobre as quais poderá haver alguma dificuldade em encontrar informação disponível.

- **ESTUDO MACROSCÓPICO E MICROSCÓPICO DA AMOSTRA DE CALCÁRIO RECOLHIDA**

Na observação macroscópica da amostra de mão identifica-se calcário fossilífero, de cor clara. Ao microscópio é possível constatar a presença de um conjunto de fósseis provavelmente de gastrópodes, *braquiópodes* e rudistas (figura 5.5.18).

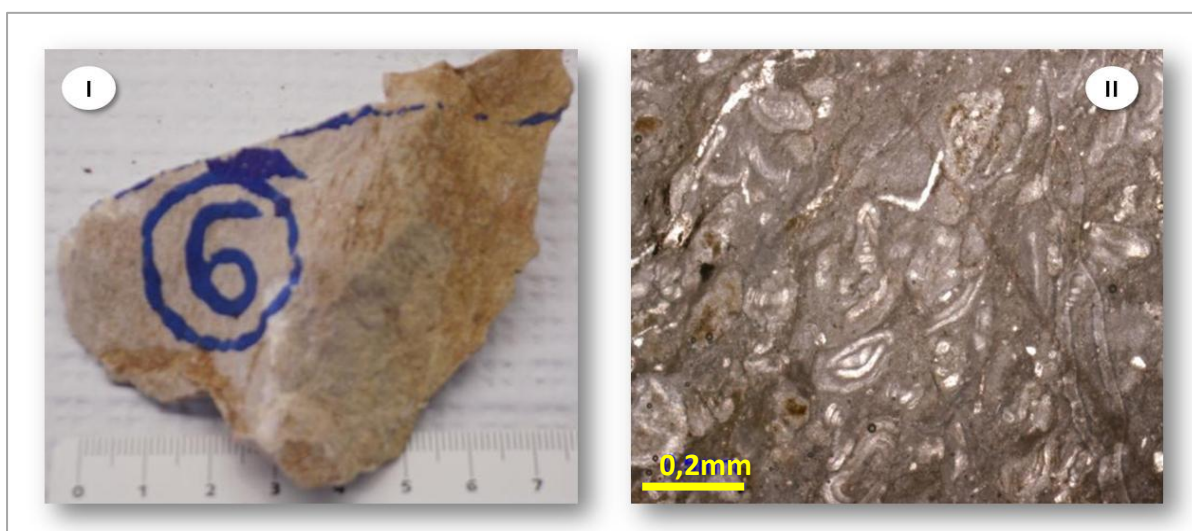


Figura 5.5.18 – Calcário fossilífero (I) e observação microscópica com nicóis paralelos do conteúdo fossilífero do calcário (II)

- **SIMULAÇÃO DE DOBRAS E FALHAS COM RECURSOS À CAIXA DE MODELAÇÃO**

A modelação analógica tem por objectivo simular acontecimentos tectónicos, em escalas reduzidas e num curto período de tempo, procurando representar o que na natureza ocorre durante milhões de anos.

A utilização deste recurso possibilita, por exemplo, a visualização da geometria de camadas, de falhas e de dobras (figura 5.5.19).

No sentido de tornar a actividade mais interessante, poder-se-á fazer o seu registo fotográfico e organizar a sequência de fotografias na produção de um filme ou apresentação em power point.

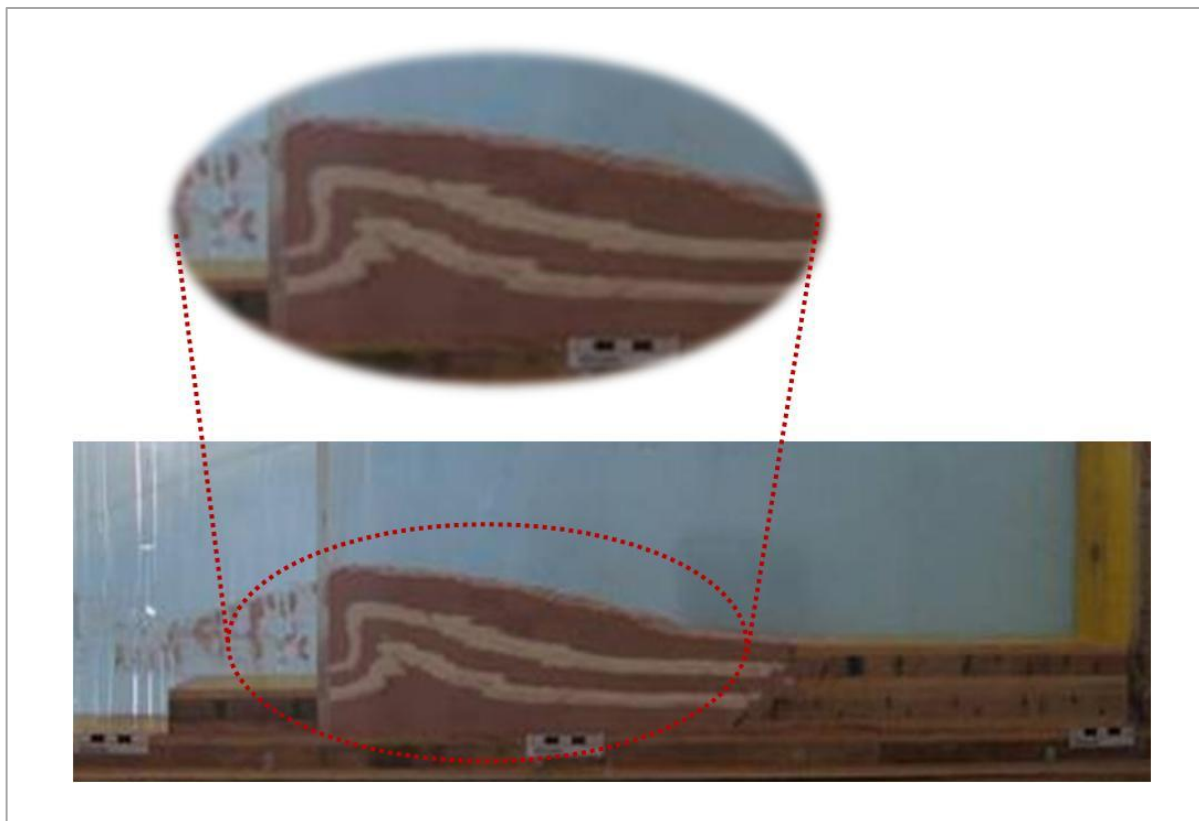
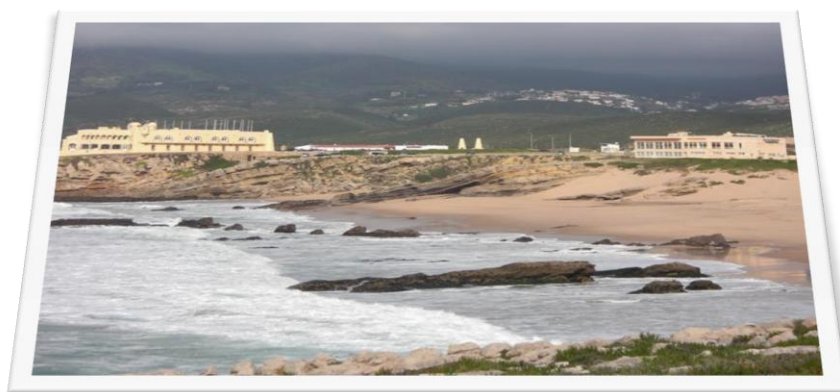


Figura 5.5.19 – Simulação de dobras e falhas com recurso à caixa de modelação



Bibliografia

Actividades Práticas de Campo no Ensino da Geologia
Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente

Bibliografia

- AIRES-BARROS, J,
1979 “Actividade ígnea pós-paleozóica no continente português”, **Ciências da Terra** 5: 175-214
- AMADOR, Filomena; MENDES, Alcina et al
2003 Programa de Biologia e Geologia do 11º ou 12º ano, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, Lisboa: Ministério da Educação
- DIAS, Rui
2007 **Evolução - Portugal de Antes da História**, Évora: Centro de Ciência Viva de Estremoz, Universidade de Évora
s/d “Os Materiais Terrestres”, Textos de apoio da Pós-graduação em Dinâmica de Processos Geológicos, Universidade de Évora
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M.
2002 **Introdução ao estudo do Magmatismo e das Rochas Magmáticas**, Lisboa: Âncora Editora
- KULLBERG, José Carlos
2000 “Evolução Tectónica Mesozóica da Bacia Lusitaniana”, Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (Tese de Doutoramento)
- KULLBERG, José Carlos et al
2006a “A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg (Eds.), **Geologia de Portugal no contexto da Ibéria**, Universidade de Évora: 317-368
- KULLBERG, José Carlos et al
2006b “Arrábida e Sintra: dois exemplos de tectónica pós-rifting da Bacia Lusitaniana” in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg (Eds.), **Geologia de Portugal no contexto da Ibéria**, Universidade de Évora: 369-396
- KULLBERG, José Carlos e MACHADO, Susana
2006 “Cartografia Geológica do Mesozóico na AML e aspectos relativos à normalização”, **Documento Web**: <http://hdl.handle.net/10362/1453>

MARTINS, Lúcia et al

- 2010 “Caminhando com a Geologia na Serra de Sintra”, **Geologia no Verão, Ciência Viva**, Centro de Geologia da Universidade de Lisboa

RIBEIRO, António

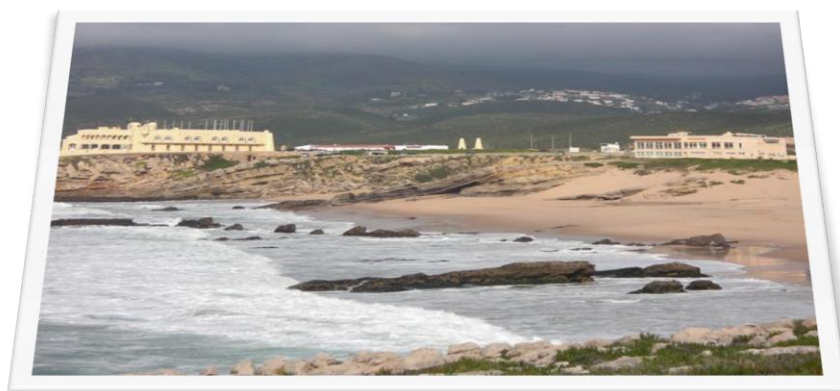
- 2006a “A Evolução Geodinâmica de Portugal”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora

RIBEIRO, M.L. e RAMALHO M.M.

- 1997 **Carta geológica simplificada à escala 1/50.000 e Notícia explicativa da carta geológica simplificada do Parque Natural de Sintra Cascais**, Parque Natural de Sintra – Cascais e Instituto Geológico e Mineiro

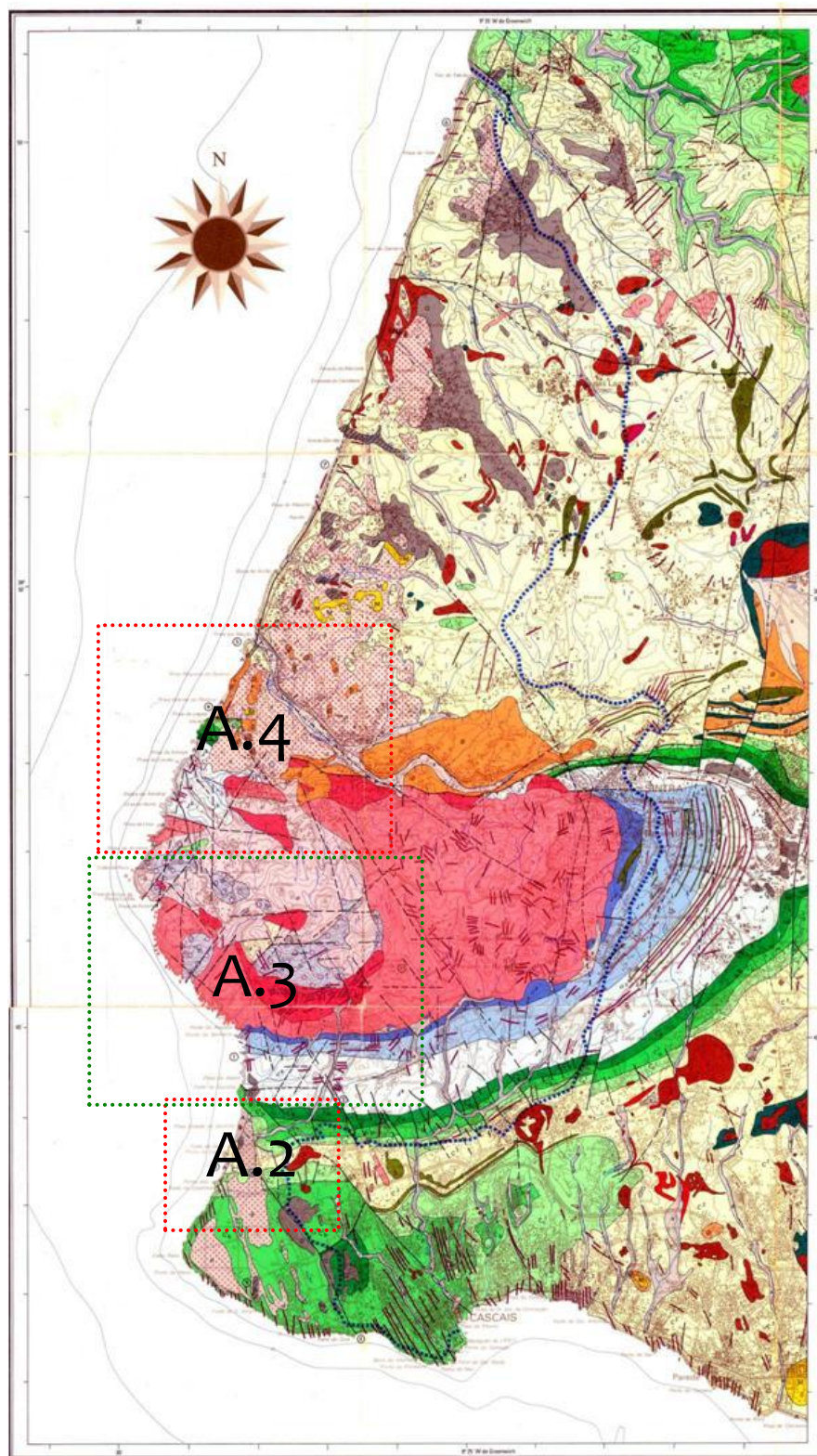
SERRALHEIRO, A.

- 1999 “Contribuição para a actualização do conhecimento do complexo vulcânico de Lisboa”, **Documento Web**:
<http://geologia.fc.ul.pt/Aulas/GeologiadeCampoll/Pdfs/ComplxVulc..pdf>

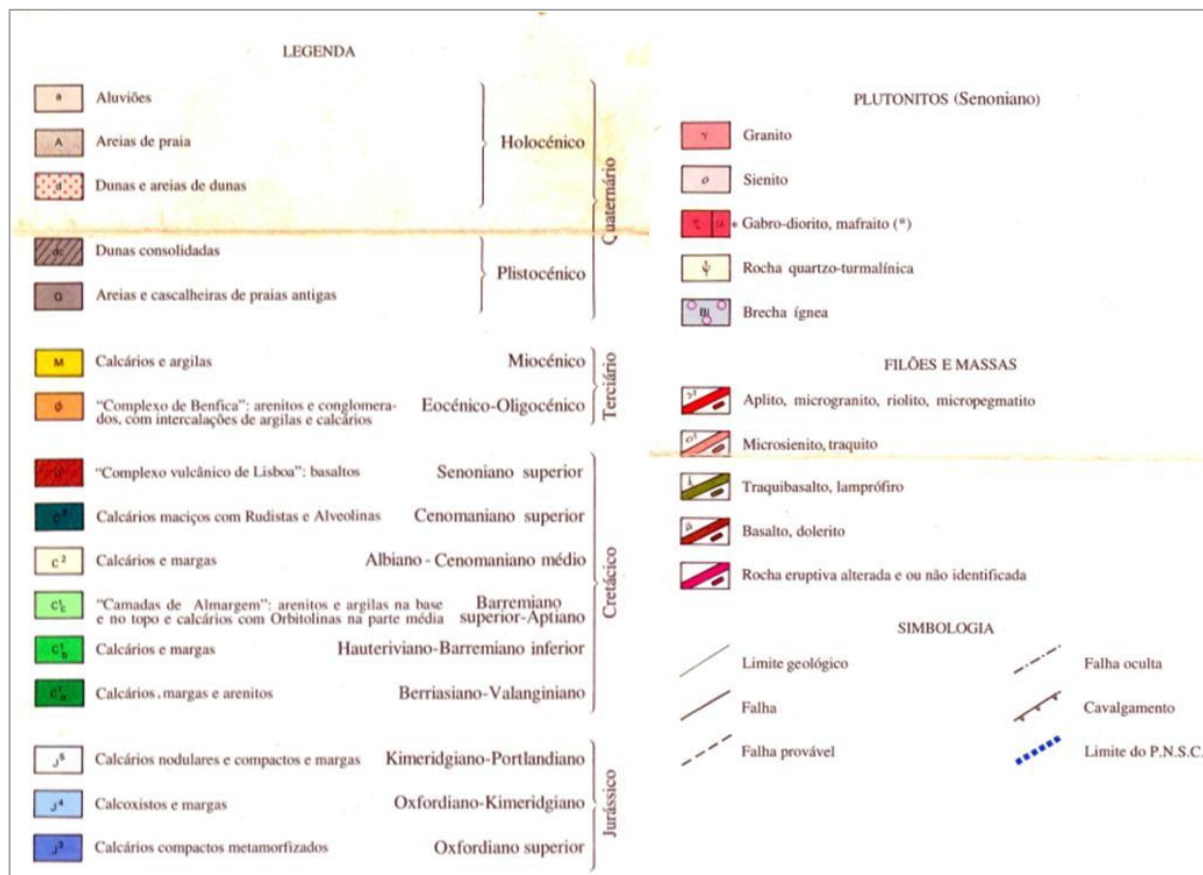


Anexos

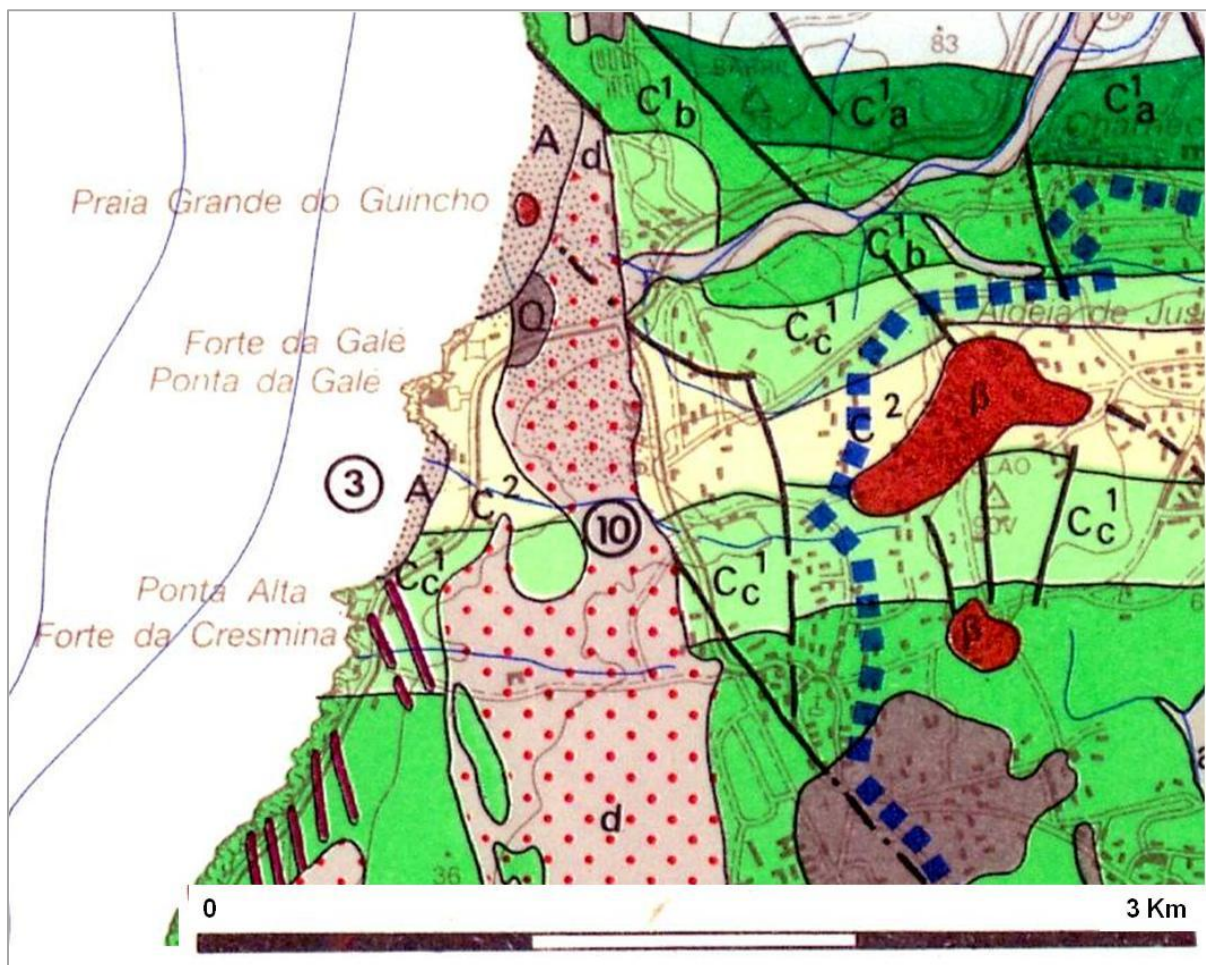
Actividades práticas de Campo no Ensino da Geologia Maciço Eruptivo de Sintra e região envolvente



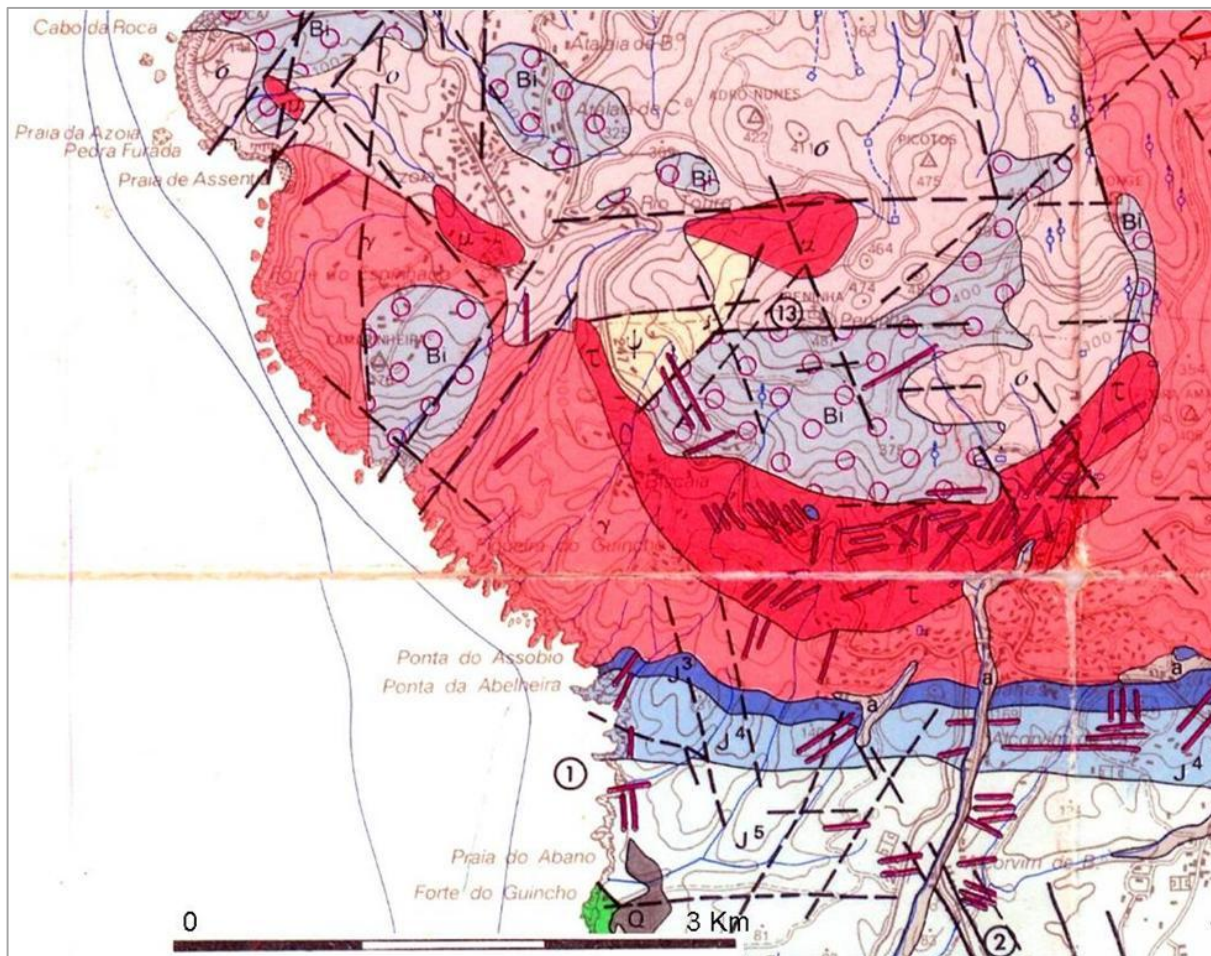
Anexo A.1 – Carta Geológica simplificada do Parque Natural Sintra-Cascais, à escala 1/50.000 (Ribeiro e Ramalho 1997)



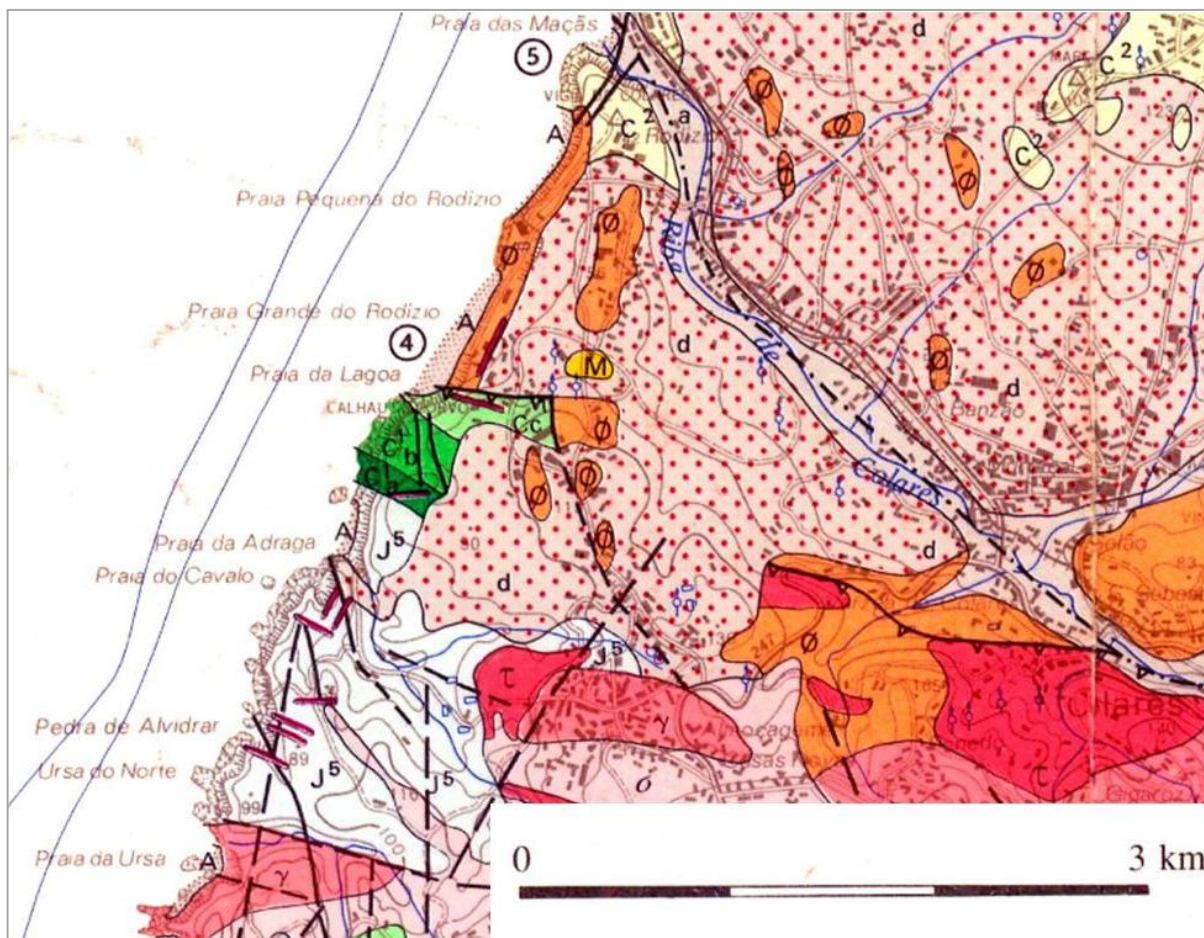
Anexo A.1.1 – Legenda do Anexo A.1 e dos Anexos seguintes A.2, A.3 e A.4



Anexo A.2 – Excerto da Carta Geológica simplificada do Parque Natural Sintra-Cascais, à escala 1/50.000, com a localização das Praias da Cresmina e do Guincho ③ (Ribeiro e Ramalho 1997)



Anexo A.3 – Excerto da Carta Geológica simplificada do Parque Natural Sintra-Cascais, à escala 1/50.000, com a localização do Cabo da Roca e da Estrada Malveira-Cascais ② (Ribeiro e Ramalho 1997)



Anexo A.4 – Excerto da Carta Geológica simplificada do Parque Natural Sintra-Cascais, à escala 1/50.000, com a localização das Praias da Adraga e Grande do Rodízio ④ (Ribeiro e Ramalho 1997)

Conclusões e Considerações Finais

Conclusões e Considerações finais

As orientações e recomendações do Programa da Disciplina de Biologia e Geologia do Ensino Secundário apontam no sentido da valorização do trabalho prático de campo no Ensino da Geologia. Estas orientações vão ao encontro do consenso generalizado, entre geólogos e didácticos de geologia, sobre o lugar insubstituível que as actividades práticas de campo desempenham na aprendizagem em Ciências.

Existem nas escolas básicas e secundárias alguns obstáculos à realização de actividades de campo que se prendem com aspectos de natureza organizativa decorrentes da própria Escola, agravados, por vezes, por outros factores inerentes ao próprio meio. Também as dificuldades de natureza conceptual e metodológica resultantes da insuficiente formação dos docentes nesta área e, por vezes, o desconhecimento da geologia da região são determinantes para que este tipo de actividade não se realize.

No sentido de contribuir para minimizar as condicionantes referidas foram definidos alguns objectivos aos quais esta dissertação procurou dar seguimento utilizando duas vias distintas: uma de natureza teórico-prática e outra de natureza teórica.

O trabalho de campo desenvolvido, preliminar a esta dissertação, facultou um conhecimento genérico da geologia da região sul de Portugal indispensável à **preparação das actividades de campo** e à sua concretização em contexto real.

A componente teórica do trabalho concretiza-se no *Capítulo 2 – Fundamentos Didácticos do Trabalho de Campo em Geologia* e no *Capítulo 3 - Enquadramento das Actividades de Campo na Geologia de Portugal* através de uma abordagem científica e didáctica das actividades de campo.

O capítulo 3 sistematiza a informação recolhida sobre área de abrangência das actividades de campo constituindo um **suporte teórico de apoio à preparação** das mesmas. A informação disponibilizada enquadra os locais onde decorrem as actividades nas respectivas unidades paleogeográficas e na geologia de Portugal.

A abordagem didáctica, não constituindo um objectivo deste trabalho, surge como fundamentação teórica do trabalho de campo, referida de forma genérica através de algumas considerações sobre a importância desta metodologia e os seus objectivos.

Na componente teórico-prática foi **preparado um conjunto de actividades práticas de campo**, integradas no *Ponto 2 - Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres* e no *Ponto 3 - Exploração sustentada de recursos geológicos*, do *Tema IV - Geologia, problemas e materiais do quotidiano*, da componente de Geologia do Programa de Biologia e Geologia do 11º Ano.

Assim, foram disponibilizadas quatro actividades práticas de campo integradas na Zona de Ossa Morena, **Alto de S. Bento, Évora**, na Orla Ocidental, **Fanhões, Montachique, Praia da Bafureira e Maciço Eruptivo de Sintra e Região Envolvente**, e na Zona Sul Portuguesa, **Mina de S. Domingos, Mértola**. Na Zona de Ossa Morena e na Orla Ocidental foram seleccionados locais onde foram abordados aspectos relacionados com os ambientes magmático, metamórfico e sedimentar. Na Zona Sul Portuguesa foi privilegiado o impacto ambiental causado pela Mina de São Domingos. De realçar que a actividade de campo do Alto de S. Bento foi testada, com êxito, por alunos e professores da Escola Secundária André de Gouveia, Évora, no decorrer desta dissertação.

Cada uma das actividades é acompanhada de um conjunto de materiais didácticos passíveis de ser aplicados pelos docentes. As actividades práticas de campo propostas são orientadas para uma aprendizagem centrada no aluno **contribuindo para o desenvolvimento de atitudes de investigação que clarifiquem as concepções previamente adquiridas em sala de aula**.

Cada actividade prática de campo é constituída pela introdução, pelo guião da actividade de campo e por sugestões de resolução do guião. O guião destina-se ao aluno enquanto a introdução e as sugestões de resolução têm como principal destinatário o professor.

O guião da actividade de campo segue o modelo proposto por Orion (1993) para as saídas de campo, desenvolvendo-se em cinco fases: objectivos da actividade, preparação da actividade, actividade de campo, pós actividade de campo e avaliação da actividade.

Na primeira fase o aluno toma conhecimento dos objectivos previstos para a actividade. Na fase de preparação são sugeridas algumas práticas que têm como objectivo garantir o domínio dos pré-requisitos e a inserção do aluno no contexto onde vai decorrer a actividade. Na actividade de campo o aluno segue um conjunto de indicações fornecidas pelo guião e realiza as actividades de forma autónoma sob a supervisão do professor. Após a actividade de campo, em contexto de sala de aula, sugerem-se algumas actividades de síntese e de enriquecimento das matérias trabalhadas no campo. No final elabora-se a avaliação da actividade desenvolvida.

Para além das actividades práticas de campo disponibilizadas são, ainda, elencados um conjunto de locais com interesse científico e didáctico, situados no Alentejo e na Estremadura, que reúnem os requisitos necessários para a realização de actividades de campo com alunos do ensino secundário contribuindo, desta forma, para **o desenvolvimento e aplicação de metodologias de trabalho de campo que possibilitam uma abordagem factual de conceitos estruturantes da componente de Geologia** do programa da disciplina de Biologia e Geologia

Importa referir que a realização de um trabalho desta natureza constitui, claramente, um **meio de actualização e enriquecimento científico que vai permitir um melhor desempenho profissional**. Para tal contribuiu todo o trabalho de pesquisa mas, também, o trabalho de campo realizado, dado que este é uma mais-valia que permite assumir uma postura diferente face ao ensino da Geologia em geral e da geologia de campo, em particular.

Finalmente, uma palavra para novas pesquisas na área do trabalho de campo no ensino da Geologia. O trabalho agora desenvolvido é apenas uma pequena parte do que é possível e desejável fazer. Muito mais há a desenvolver, seguramente, dentro deste tema com aplicação ao nível dos ensinos básico e secundário. Outras actividades práticas de campo podem ser desenvolvidas nestes locais bem como nos locais identificados como de interesse científico e didáctico. Espero, pois, que este trabalho possa estimular a prática das actividades de campo e lançar novos percursos de investigação no ensino da Geologia.

Bibliografia

Bibliografia

- AIRES-BARROS, J,
1979 “Actividade ígnea pós-paleozóica no continente português”, **Ciências da Terra** 5: 175-214
- ALLÈGRE, Claude
1983 **A Espuma da Terra**, Lisboa: Gradiva Publicações Lda.
- ÁLVAREZ-VALERO, A. M. et al
2007 “Potential environmental impact at São Domingos mining district (Iberian Pyrite Belt, SW Iberian Peninsula): evidence from a chemical and mineralogical characterization”, **Environmental Geology**, v.55: 1797-1809
- AMADOR, Filomena; MENDES, Alcina et al
2003 Programa de Biologia e Geologia do 11º ou 12º ano, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, Lisboa: Ministério da Educação, **Documento Web**: http://eec.dgidec.min-edu.pt/programas/biologia_geologia_11_e_12_anos.pdf
- APALATEGUI, O.; EGUILUZ, L. and QUESADA, C.
1990 “3. Structure”, in R. D. Dalleyer and E. Martinez Garcia (Eds.), **Pré-Mesozoic Geology of Ibéria**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 280-286
- ARAÚJO, A. Alexandre
2006 “O Varisco do Sector Sul de Portugal”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora
- ARAÚJO, A. Alexandre et al
2006 “As Regiões Central e Sul da Zona de Ossa-Morena”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora
- BATISTA, M.J.
2003 “Comportamento de Elementos Químicos no Sistema Rocha-solo-sedimento na Área Mineira de Neves Corvo: Implicações Ambientais”, Aveiro: Universidade de Aveiro (Tese de Doutoramento)

BONITO, Jorge

- 2001 **As Actividades Práticas no Ensino das Geociências. Um estudo que procura a conceptualização** (Temas de Investigação 17), Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, Ministério da Educação

BONITO, Jorge e SOUSA, M. Bernardo

- 1997 “Actividades Práticas de Campo em Geociências: Uma Proposta Alternativa”, in L. Leite, M. C. Duarte, R. V. Castro, J. Silva, A. P. Mourão e J. Precioso (Orgs.), **Didácticas / Metodologias da Educação**, Braga: Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho

BRILHA, J. B. R.

- 1997 “Cinética de cristalização e de alteração pós-magmática de uma chaminé basáltica do Complexo Vulcânico de Lisboa. Modelização do arrefecimento e do mecanismo de fracturação em profundidade”, Universidade do Minho/Université de Poitiers (Tese de Doutoramento)

BRILHA, J. B. R. et al

- 1998 “A disjunção colunar na chaminé vulcânica de Penedo de Lexim (Complexo Vulcânico de Lisboa) - Morfologia e Génese”, Comunicação do Instituto Geológico e Mineiro, Tomo 84, fasc.1: B164-B167

CANILHO, M. H.

- 1989 “Elementos de geoquímica das rochas do maciço ígneo de Sines”, **Ciências da Terra** 10: 65-80

CARVALHOSA, A.

- 1983 “Esquema Geológico do Maciço de Évora”, **Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal**, Tomo 69 (2): 201-208

CARVALHOSA, A. et al

- 1969 **Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, Notícia Explicativa da Folha 40-A Évora**, Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal

CARVALHOSA, A. e ZBYSZEWSKI, G.

- 1994 Notícia Explicativa da Folha 35-D Montemor-o-Novo, Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro

COMPIANI, Maurício y CARNEIRO, Celso Dal Ré

- 1993 “Os Papéis Didácticos das Excursões Geológicas”, **Enseñanza de las Ciencias de la Terra** 1.2: 90-98

COSTA, Ricardo J. Faria da

- 2000 “As Arribas de Sines (Incluindo os Taludes Artificiais)”, Comunicação apresentada no VII Congresso Nacional de Geotecnia, Porto

CRUCES, A. et al

- 2002 “A Geologia no Litoral - Parte II: Da Lagoa de Albufeira a Setúbal”, **Geologia de Verão, Ciência Viva**, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
- 2006 “A Geologia no Litoral - Parte II: Da Praia das Bicas a Setúbal”, **Geologia de Verão, Ciência Viva**, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

DIAS, Rui

- 2007 **Evolução - Portugal de Antes da História**, Évora: Centro de Ciência Viva de Estremoz, Universidade de Évora
- s/d “Os Materiais Terrestres”, Textos de apoio da Pós-graduação em Dinâmica de Processos Geológicos, Universidade de Évora

DIAS, Rui et al

- 2000 “Cizalhamentos Esquerdos NNE-SSW no Litoral Sudoeste de Portugal; um fenómeno local no tardi-varisco português ou uma estrutura maior à escala orogénica”, Comunicação apresentada na 6ª Conferência do GGET, Évora

DOURADO, LUIS

- 2006 “Concepções e práticas dos professores de Ciências Naturais relativas à implementação integrada do trabalho laboratorial e do trabalho de campo”, **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.5, 1

E-GEO, Sistema Nacional de Informação Geocientífica

- 2010 “Tipo de fronteiras entre placas tectónicas”, **Documento Web**:
http://e-geo.ineti.pt/divulgacao/materiais/poster_fronteras_placas.pdf

GALOPIM DE CARVALHO, A. M.

- 2002 **Introdução ao estudo do Magmatismo e das Rochas Magmáticas**, Lisboa: Âncora Editora

GODY, I. y SÁNCHEZ, Any

- 2007 “El Trabajo de Campo en la Enseñanza de la Geografía”, **Sapiens - Revista Universitaria de Investigación** Año 8, 2: 137-148

KULLBERG, José Carlos

- 2000 “Evolução Tectónica Mesozóica da Bacia Lusitaniana”, Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (Tese de Doutoramento)

KULLBERG, José Carlos et al

- 2006a “A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg (Eds.), **Geologia de Portugal no contexto da Ibéria**, Universidade de Évora: 317-368

KULLBERG, José Carlos et al

- 2006b “Arrábida e Sintra: dois exemplos de tectónica pós-rifting da Bacia Lusitaniana” in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg (Eds.), **Geologia de Portugal no contexto da Ibéria**, Universidade de Évora: 369-396

KULLBERG, José Carlos e MACHADO, Susana

- 2006 “Cartografia Geológica do Mesozóico na AML e aspectos relativos à normalização”, **Documento Web**: <http://hdl.handle.net/10362/1453>

MARQUES, L. et al

- 2005 “A investigação como instrumento de mudança de práticas: um plano de formação contínua de professores. O trabalho de campo como mediador da formação”, **Enseñanza de las Ciencias** Número Extra VII Congreso Enseñanza de las Ciencias

MARTINS, Lúcia et al

- 2010 “Caminhando com a Geologia na Serra de Sintra”, **Geologia no Verão, Ciência Viva**, Centro de Geologia da Universidade de Lisboa

MATOS, João Xavier; SOARES, Sofia e CARDOSO, Claudino

- 2006 “Caracterização geológica-geotécnica da corta da mina de S. Domingos, faixa piritosa ibérica”, Comunicação apresentada no X Congresso Nacional Geotécnica, Sociedade Portuguesa de Geotécnica

MIRÃO, José e CANDEIAS, António

- s/d “Riscos Geoquímicos em Minas Abandonadas”, **Documento Web**: <http://www.alentejolitoral.pt/downloads/ambiente/riscos%20>

MOITA, Patrícia

- 2008 “Granitóide no SW da Zona Ossa Morena (Montemor-o-Novo/Évora), Petrogénese e processos geodinâmicos”, Évora: Universidade de Évora (Tese de Doutoramento)

MOREIRA, Jacinta Rosa

- 2005 “O Trabalho Prático na Aprendizagem em Ciências – Uma Perspectiva Inovadora: dos Fundamentos Teóricos à Prática de Construção de Materiais”, Comunicação apresentada ao XI Encontro Nacional de Educação em Ciências, 1º Encontro de Educação para uma Nova Cultura da Água, Porto

MOREIRA, J., PRAIA, J. e BORGES, F. Sofré

- 2002 “O Trabalho de Campo em Geologia: Construção de Materiais para os alunos do Ensino Secundário – um estudo na área de Valongo”, **Enseñanza de las Ciencias de la Terra** 10.2: 185-192

OLIVEIRA, J. Tomás

- 1990 “Stratigraphy and syn-sedimentary tectonism in the South Portuguese Zone”, in R. D. Dallmeyer and E. Martinez Garcia (eds.), **Pre-Mesozoic Geology of Iberia** Springer Verlag: 334-347

OLIVEIRA, J. Tomás et al

- in prep “Geologia da Zona Sul Portuguesa, com ênfase na Estratigrafia, Vulcanologia Física, Geoquímica e Mineralizações da Faixa Piritosa”, in **Geologia de Portugal**

OLIVEIRA, J. Tomás et al

- 1990 **Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, Notícia Explicativa da Folha 46-D Mértola**, Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal

OLIVEIRA, J. T.; OLIVEIRA, V. e PIÇARRA, J. M.

- 1991 “Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa-Morena, em Portugal”, **Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe** v.16: 221-250

OLIVEIRA, J. T.; PEREIRA, Z.; ROSA, C.; ROSA, D. e MATOS, J.

- 2005 “Recent advances in the study of the stratigraphy and the magmatism of the Iberian Pyrite Belt, Portugal”, in R. CAROSI, R. DIAS, D. IACOPINI e G. ROSENBAUM (eds.), **The Southern Variscan Belt**, Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition **19** (9): 1441-8142

OLIVEIRA, V.; MATOS, J.; BENGALA, M. e SOUSA, P.

- 1998 “Principais alinhamentos vulcânicos a norte da Falha de Grândola, sob formações da Bacia Terciária do Sado e sua potencialidade mineira no contexto da Faixa Piritosa Ibérica”, **Actas V Congresso Nacional de Geologia**, Comunicações do IGM, Tomo 84 (2): 15-18

ORION, Nir

- 1989 “Development of a high-school geology course based on field trips.”, **Journal of Geological Education** v.37: 13-17
- 1993 “A Model for Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum”, **Journal of School Science and Mathematics** 93(6): 325 -331

PALÁCIOS, Teresa

- 1985 “Petrologia do Complexo Vulcânico de Lisboa”, Lisboa: Universidade de Lisboa (Tese de Doutoramento)

PEDRO, J. et al

- 2006 “Ofiolitos e Metamorfismo de Alta Pressão”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg (Eds.), **Geologia de Portugal no contexto da Ibéria**, Universidade de Évora: 195-206

PEREIRA, Manuel Francisco et al

in prep “Maciço de Évora”

PEREIRA, Zélia

2007 “Palinoestratigrafia da Faixa Piritosa, Zona Sul Portuguesa”, Comunicação apresentada no II Encontro de Professores de Geociências do Alentejo e Algarve: Geologia, Mineralizações e Biodiversidade na Faixa Piritosa, Mértola

PEREIRA, Zélia et al

2007 “Devonian and Carboniferous palynostratigraphy of the South Portuguese Zone, Portugal - An overview”, **Comunicações Geológicas**, Tomo 94: 53-79

PEREIRA, Z.; PACHECO, N. e OLIVEIRA, J. T.

2004 “A case of applied palynology: dating the lithological succession of the Neves-Corvo mine, Iberian Pyrite Belt, Portugal”, in Th. E. WONG (ed.), **Proceedings of the XVth ICCP Stratigraphy**, R. D. Academy Arts and Sciences: 345-354

PRAIA, J. e MARQUES, L.

1997 “Para uma metodologia do trabalho de campo: contributos da didáctica da Geologia”, **Geólogos** 1: 27-33

PRESS, Frank and SIEVER, Raymond

1998 **Understanding Earth**, New York: W. H. Freeman and Company

RAMALHO, Maria Leonor

2007 “A Geologia no Ensino Secundário: a Utilização dos Princípios Fundamentais de Estratigrafia”, Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa (Tese de Mestrado)

REBELO, J. Almeida

1999 **As Cartas Geológicas ao Serviço do Desenvolvimento**, Instituto Geológico e Mineiro, versão Online no site do INETI:
http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/diversos/cartas/indice.htm

RIBEIRO, António

2006a “A Evolução Geodinâmica de Portugal”, in R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha e Kullberg (Editores), **Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria**, Évora: Universidade de Évora

2008 “A Ibéria, os Atlânticos e os Mediterrâneos”, **Finisterra** XLIII, 85: 77-81

RIBEIRO, António et al

2007 “Geodynamic Evolution Of The SW Europe Variscides”, **Tectonics**, v.26, TC6009, doi: 10.1029/2006TC002058

RIBEIRO, Cristina

- 2006b “Cartografia de Rochas Ígneas: Análise da Orientação Preferencial de Fenocristais de Feldspato para Caracterização do Fluxo Magmático nos Granitóides Porfíroides do Alto de São Bento (Maciço de Évora, Zona de Ossa Morena)”, Évora: Universidade de Évora (Tese de Mestrado)

RIBEIRO, M. dos Anjos et al

- 2006 “Geologia da Faixa Litoral entre Lavadores e o Castelo do Queijo”, in Jorge Medina, Margarida Morgado e Luís Marques (Editores), **Livro Guia de Campo do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia**, Aveiro: Universidade de Aveiro

RIBEIRO, M.L. e RAMALHO M.M.

- 1997 **Carta geológica simplificada à escala 1/50.000 e Notícia explicativa da carta geológica simplificada do Parque Natural de Sintra Cascais**, Parque Natural de Sintra – Cascais e Instituto Geológico e Mineiro

ROCHA, Rodrigo Camargo et al

- 2009 “Transected folds with opposite patterns in Terena Formation (Ossa Morena Zone, Portugal): anomalous structures resulting from sedimentary basin anisotropies”, **Geodinamica Acta** 22/4: 157-163

ROSADO, L. et al

- 2008 “Weathering of S. Domingos (Iberian Pyritic Belt) abandoned mine slags”, **Mineralogical Magazine**, v.72(1): 489–494

SERRALHEIRO, A.

- 1999 “Contribuição para a actualização do conhecimento do complexo vulcânico de Lisboa”, **Documento Web**:
<http://geologia.fc.ul.pt/Aulas/GeologiadeCampoll/Pdfs/ComplxVulc..pdf>

TERRINHA, Pedro D. G.

- 1998 “Structural Geology and Tectonic Evolution of the Algarve Basins, South Portugal”, London: University of London, Department of Geology, Royal School of Mines (Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy)

ZBYSZEWSKI, G.; MANUPPELLA, G. et al

- 1981 **Carta Geológica de Portugal à escala 1/50.000, Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal – Folha 34-B Loures**, Serviços Geológicos de Portugal

Anexos

Anexo II. Bússola de Geólogo

A bússola (figura I.1) é um instrumento de orientação utilizado no campo para determinar a orientação espacial (atitudes) de planos ou de rectas. A atitude de um plano, como por exemplo um plano de falha, é composta por uma direcção - ângulo entre o Norte e uma recta horizontal contida no plano de falha (α) - e uma inclinação - ângulo entre a linha de maior declive do plano e a sua projecção horizontal (β) (figura I.2).



Figura I.1 – Bússola

A notação utilizada para representar a atitude pode ser uma notação por quadrantes (N α° E, β° E) ou por azimutes (α° , β° E). No primeiro caso, notação por quadrantes, expressa-se através de dois valores: o primeiro correspondente à direcção do plano e o segundo ao ângulo de inclinação e quadrante geográfico para o qual o plano inclina.

Para que uma bússola possa apontar, efectivamente, para o Norte é necessário introduzir no seu círculo graduado uma correcção que corresponde a um valor, variável de local para local, designado por “Declinação Magnética”.

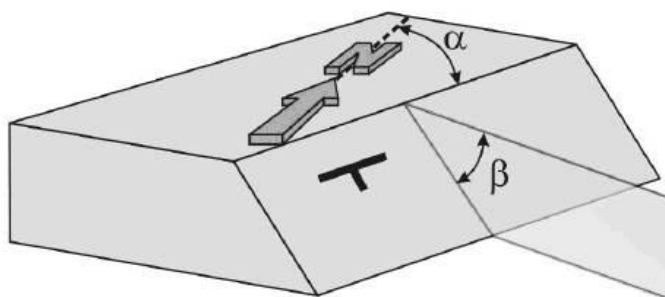


Figura I.2 – Atitude de uma falha (Adaptado de Dias s/d)

Para medir a atitude de um plano com a bússola, deve proceder-se do seguinte modo:

A. Determinação da direcção

- 1) Colocar a bússola encostada ao plano (figura I.3 – I) e movê-la para a posição horizontal (figura I.3 – II);
- 2) Sem retirar a bússola da posição, rodar o mostrador graduado até fazer coincidir a agulha magnética com a seta que indica o norte;
- 3) Ler o menor valor angular indicado pelos pontos de referência do mostrador graduado, que vai do norte ou sul até às marcas fluorescentes.



Figura I.3 – Determinação da direcção
(Adaptado de Ribeiro et al 2006)

B. Determinação da inclinação

- 1) Rodar o mostrador graduado de modo a alinhar o eixo E-W com as marcas fluorescentes;
- 2) Colocar a bússola na posição vertical e paralela à recta de maior declive do plano;
- 3) Ler o valor do ângulo indicado no clinómetro e o sentido de inclinação (quadrante geográfico).

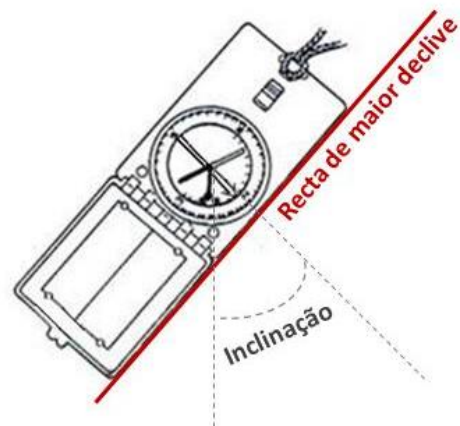


Figura I.4 – Determinação da Inclinação

Anexo III. Carta Geológica

As cartas geológicasⁱ são instrumentos de trabalho imprescindíveis para o estudo geológico de uma região. São documentos científicos e técnicos onde se sintetiza a informação relativa aos materiais rochosos que existem na região abrangida pela carta e aos fenómenos que os afectaram. Esta informação é inscrita numa base topográfica que fornece, entre outros, dados sobre o relevo e a rede hidrográfica da região.

A análise e interpretação dos dados contidos numa carta geológica – natureza e distribuição espacial das diferentes rochas, quer em superfície quer em profundidade; posição, atitude e idade das formações rochosas; acidentes tectónicos (falhas, fracturas e dobras); localização de explorações mineiras, poços, nascentes naturais, furos de sondagem e estações arqueológicas importantes – permitem uma visão abrangente da geologia da área a que a carta se refere.

A informação que contém relativamente à composição e estrutura geológica do subsolo torna-as documentos fundamentais na prospecção e exploração de matérias-primas e de fontes de energia, na selecção de locais para instalação de grandes obras de engenharia, na prospecção e preservação das águas subterrâneas, na determinação do risco sísmico, preservação ambiental e no planeamento e ordenamento do território.

Como em qualquer carta as dimensões reais são representadas de acordo com a uma determinada **escala**. A escala traduz a relação entre a distância medida na carta e a distância correspondente medida no terreno. Expressa-se de dois modos diferentes: escala numérica e escala gráfica.

1) **ESCALA NUMÉRICA:**

1/100000 (ou 1:100000)

➡ 1 Milímetro no mapa corresponde a 100000 milímetros no terreno, ou seja, a 100 metros;

Para calcular o valor de qualquer distância na carta e a correspondente medida no terreno, ou vice-versa, pode ser utilizado um simples cálculo matemático: uma regra de três simples.

Exemplo:

Numa carta à escala de 1:50 000, onde dois pontos distam 30 mm (distância medida com uma régua), aplicando a regra de três simples, teríamos:

1 mm (na carta) – 50 000 mm (no terreno)

30 mm (na carta) – X mm (no terreno)

$X = 30 \times 50\,000 = 1\,500\,000 \text{ mm}$

A distância real entre os dois pontos no terreno é de 1 500 metros

2) **ESCALA GRÁFICA:**

Representa-se por um segmento de recta, dividido em partes iguais, representando cada segmento uma determinada distância medida no terreno. Esta escala permite a avaliação directa das distâncias na carta.



Numa carta topográfica, base utilizada nas cartas geológicas, para além das particularidades observadas à superfície, regista-se, ainda, a configuração do relevo através das curvas de nível, linhas que correspondem à projecção vertical das intersecções de hipotéticos planos horizontais, equidistantes e paralelos, com a superfície do terreno. Cada curva de nível é definida pela sua cota, que indica a altitude a que esse hipotético plano se encontra, ou seja, a sua altura relativamente ao nível médio das águas do mar.

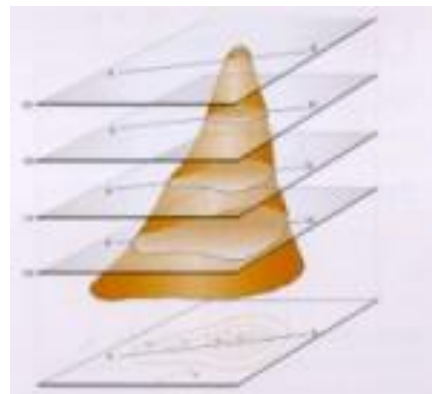


Figura II.1 - Representação do relevo por curvas de nível

Na análise e interpretação de uma carta geológica deve ter-se em consideração a legenda, elemento da carta geológica que traduz, de forma escrita, a simbologia usada sob a carta e que assume grande importância para a sua correcta leitura e interpretação.

Cada cor tem o seu significado, representando um conjunto de características que determinam a natureza litológica e, ou, a idade duma determinada formação rochosa que aflora na região. De modo geral, cada cor é acompanhada de um símbolo que ajuda a identificar melhor as cores permitindo a sua distinção.

Na legenda, junto aos rectângulos representativos das diversas cores é indicada a natureza e o nome da unidade cartografada. A disposição dos rectângulos referentes às rochas sedimentares e metamórficas é feita, normalmente, de acordo com o “princípio da sobreposição”: as unidades mais recentes vão-se sobrepondo às mais antigas. As rochas magmáticas são referenciadas separadamente, podendo seguir a ordem da sua instalação.

Na carta encontra-se inscrita uma orientação geográfica, elemento importante para ser utilizado no campo como ponto de referência e, também, um conjunto de sinais que identificam e posicionam os acidentes estruturais ou outros elementos de interesse geológico.

As cartas mais recentes apresentam a coluna estratigráfica referente à área a que dizem respeito e, também, alguns cortes geológicos representativos das principais estruturas geológicas representadas na carta.

A interpretação de uma carta geológica baseia-se, sobretudo, na aplicação do “princípio da sobreposição”, na análise da relação entre os limites geológicos e a topografia e, ainda, no contorno das manchas representativas das formações. É fundamental a indicação da direcção e a inclinação das camadas e xistosidades, das inclinações dos eixos das dobras e a representação dos eixos dos sinclinais e anticlinais representados.

As cartas geológicas são acompanhadas da sua notícia explicativa. Trata-se de uma pequena brochura que acompanha a carta e contém um conjunto de informações que visa complementar e facilitar a sua interpretação.

ⁱ Este Anexo é baseado em J. Almeida REBELO (1999) - **As Cartas Geológicas ao Serviço do Desenvolvimento**, Instituto Geológico e Mineiro.
Versão Online no site do INETI: http://eGeo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/cartas/indice.htm

Anexo IV. Caderno de Campo

O caderno de campo é um instrumento de registo onde os alunos devem anotar dados, descrever e representar esquematicamente os afloramentos e outras informações com interesse. É um bom instrumento de trabalho que deve ser exigido ao aluno e, simultaneamente, incentivada a sua utilização.

Para cada actividade os alunos devem fazer-se acompanhar do seu caderno de campo. O aluno, no início da actividade, deve fazer a identificação da actividade referindo o local, o percurso e a data. As suas anotações devem ser feitas de forma clara, objectiva e concisa. As descrições deverão ser acompanhadas de representações esquemáticas correspondentes ao corte ou ao afloramento.

Em cada esquema deve ser inscrito a escala e a orientação geográfica. As diferentes litologias que se observam devem ser representadas de forma distinta, utilizando para o efeito, um conjunto de símbolos obrigatoriamente mencionados na legenda.

O caderno de campo poderá ter o modelo que o aluno entender, no entanto, o professor pode dar algumas indicações de ordem prática, nomeadamente, acerca do tipo de folhas, quadriculadas de preferência, e da sua capa, que deve ser dura de modo a proteger as folhas e facilitar as anotações.

Anexo V. Recolha de Amostras

Na recolha de amostras deve ser acautelado o estado de alteração da rocha. A sua cor e o seu grau de desagregação poderão ser indicadores utilizados para a avaliação do seu estado.

Deve seleccionar-se o local do afloramento que ofereça garantia de melhor qualidade, fragmentá-lo percutindo com o martelo e retirar um pedaço de dimensões razoáveis (aproximadamente 1000 cm³) que seja representativo da textura da rocha e que possibilite a realização de alguns procedimentos necessários à sua classificação. A amostra recolhida deve ser representativa da litologia que se pretende amostrar.

Depois de recolhida, a amostra deve ser guardada num saco de plástico devidamente referenciado, identificado o local da colheita, a data e, de acordo com a indicação da carta geológica, a sua classificação.

Anexo VI. Glossário

Este glossário teve como principal fonte de pesquisa, em muitos dos seus termos, o Léxico de Termos Geológicos do LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. e o e-Geo – Sistema Nacional de Informação Geocientífica (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_geologico/).

Atitude

Posição geométrica de uma superfície planar (camada geológica, falha, filão, entre outros) ou linha (estria, lineação, eixo de dobra, etc.), que define a sua orientação espacial, direcção e inclinação.

Bacia back arc

Bacia que se desenvolve na zona entre o arco ilha e o continente.

Bioturbação

Estruturas sedimentares resultantes da acção dos organismos vivos. Estas estruturas (estruturas tubulares e galerias) são, normalmente, consequência da deformação causada pelos organismos que vivem no seio dos sedimentos ou daqueles que se enterram no fundo para fugir a predadores ou, ainda, da sua locomoção. Também designado por icnofósseis.

Boudinagem

Processo de deformação de rochas sedimentares ou metamórficas que apresentem alternância entre camadas mais competentes e outras mais dúcteis. Quando estas rochas são estiradas, as mais competentes tendem a fracturar paralelamente e adquirem a forma de salsichas (*boudins*), enquanto as rochas mais dúcteis, tendem a fluir como resposta a esse estiramento.

Carreamento

Falha geológica inversa muito pouco inclinada (menos de 15°), que resulta de um campo de tensões compressivo. Normalmente tem uma grande amplitude e o seu movimento resulta num transporte de material que pode atingir dezenas de Quilómetros.

Chapéu de ferro

Alteração das rochas em zonas mineralizadas com sulfuretos de ferro formando uma capa de alteração. Esta alteração consiste na oxidação dos sulfuretos dando origem a minerais de hematite e limonite.

Coluna estratigráfica

Diagrama colunar que representa, por ordem cronológica (a formação mais antiga na base), as rochas que constituem uma determinada região e os aspectos que caracterizam a sua história geológica (discordâncias, intrusões, entre outras).

Corte geológico

Esquema representativo das características geológicas (estruturas, litologias, etc.) numa superfície topográfica (arriba, monte, etc.).

Discordância angular

Superfície de separação entre unidades estratigráficas de idades diferentes em que as camadas posicionadas abaixo e acima dessa superfície não estão paralelas, fazendo um ângulo entre elas. Resulta do facto das rochas situadas inferiormente ao plano de discordância terem sofrido movimentos tectónicos que as dobraram ou bascularam e, posteriormente, ter ocorrido um episódio erosivo, seguido de sedimentação.

Disjunção

Fracturação nas rochas, tendencialmente regular, resultante de processos não tectónicos como, por exemplo, a contracção dos corpos ígneos associada ao arrefecimento dos materiais. Da fracturação resultam colunas - disjunção colunar, também designada por disjunção prismática - ou placas esféricas - disjunção esferoidal.

Diapiro

Corpo rochoso que ascende na litosfera ou na astenosfera por ser menos denso que as rochas encaixantes.

Estrias de falha

Estrias no plano de falha que mostram a direcção do movimento da falha resultante do atrito de fragmentos duros nesse plano

Estratificação cruzada

Estratificação cujas camadas aparecem inclinadas umas em relação às outras e em relação ao seu plano basal de sedimentação. São comuns em depósitos eólicos (dunas) e fluviais.

Estilolito

Superfície irregular que se forma, por dissolução, dentro de rochas como os calcários, quando são sujeitos a tensões compressivas.

Lixiviação

Remoção ou solubilização selectiva de determinados constituintes químicos de uma rocha, solo ou depósito sedimentar

Mélange

Mistura de materiais rochosos fragmentados, deformados e metamorfisados resultantes de processos tectónicos de colisão.

Migmatito

Rocha metamórfica que resulta de fusão parcial da rocha original (protólito) em condições de metamorfismo de alta pressão. A parte da rocha que funde, a de composição granítica, vai constituir o neossoma e, a que permanece sem fusão, a componente mais máfica, o paleossoma.

Neck

Corpo cilíndrico ou cone truncado, de rochas ígneas, realçado na topografia pela erosão diferencial.

Obducção

Fenómeno de cavalgamento de crosta oceânica sobre a crosta continental, quando ocorre colisão de placas com subducção associada.

Ofiolito

Sequência rochosa típica de crosta oceânica.

Paleossolos

Solos antigos preservados por outros sedimentos.

Prisma Acrecionário

Depósito de sedimentos que se forma na parte superior da margem da placa tectónica que está a ser subductada.

Soleiras

Corpo ígneo, muito extenso, instalado de forma concordante com as camadas sedimentares encaixantes. Também é designado por filão camada.

Stockwork

Rede de veios e filonetes preenchidos com minerais metálicos (minério) possível de ser explorado.

Turbidito

Rocha sedimentar constituída por materiais resultantes do desmantelamento do talude continental, devido a avalanches subaquáticas. Caracterizam-se por apresentar sequências de sedimentação rítmica com alternância de camadas de materiais mais finos e mais grosseiros.

Tufos vulcânicos

Rocha sedimentar de origem vulcânica constituída, maioritariamente, por cinzas, podendo conter outros fragmentos de materiais vulcânicos.